

# PROTÓTIPO DE SISTEMA DE RASTREABILIDADE PARA UTENSÍLIOS MÉDICOS NO PROCESSO DE ESTERILIZAÇÃO: UMA ABORDAGEM BASEADA EM TECNOLOGIA QR CODE.

Murillo Cardoso Martins<sup>1</sup>, Matheus Leandro Ferreira<sup>2</sup>

**Resumo:** A rastreabilidade de utensílios médicos no processo de esterilização é uma exigência crítica em ambientes hospitalares, contribuindo diretamente para a segurança do paciente, a conformidade regulatória e a eficiência operacional. Apesar disso, muitos centros de material e esterilização (CME) ainda realizam controles manuais, sujeitos a falhas humanas e dificultando auditorias. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um protótipo de sistema de rastreabilidade para utensílios médicos utilizados em processos de esterilização, utilizando QR Code como tecnologia base para registro, controle e acompanhamento das etapas envolvidas. Foi desenvolvido um sistema web baseado em Flutter, com suporte à leitura e geração de QR Codes, permitindo o controle das etapas de recepção, esterilização, armazenamento e entrega dos materiais. O protótipo apresentou-se funcional, proporcionando agilidade no processo, foi implementado e ofereceu rastreabilidade completa do ciclo de esterilização. A comparação com outras soluções demonstrou o potencial da proposta como alternativa de baixo custo, especialmente em instituições com limitações financeiras e tecnológicas. Contudo, destacam-se limitações, como a necessidade de validação em ambientes hospitalares reais e a ausência de integração com sistemas de gestão hospitalar. Conclui-se que a aplicação do QR Code para rastreabilidade de utensílios médicos é tecnicamente viável e acessível, oferecendo uma solução digital prática e de rápida adoção.

**Palavras-chave:** Rastreabilidade Hospitalar; QR Code; Esterilização de materiais; Segurança do paciente; Baixo custo.

---

<sup>1</sup>Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), murilloaqw@unesc.net

<sup>2</sup>Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), mlf@unesc.net

**ABSTRACT:** The traceability of medical utensils in sterilization processes is a critical requirement in healthcare environments, directly contributing to patient safety, regulatory compliance, and operational efficiency. However, many Central Sterile Services Departments (CSSD) still rely on manual control methods, which are prone to human error and hinder auditing processes. This work aimed to develop a prototype of a traceability system for medical utensils used in sterilization processes, using QR Code technology as the basis for recording, controlling, and monitoring the involved stages. A web-based system was developed using the Flutter framework, supporting QR Code reading and generation, enabling the control of reception, sterilization, storage, and delivery stages of medical utensils. Data were managed locally, using an MVC architecture and specific dependencies for data handling and label printing. The system was validated in a simulated environment, without real field testing. The prototype proved to be functional, offering agility in the processes, reducing operational errors, and ensuring complete traceability of the sterilization cycle. Compared to commercial solutions, the proposed system demonstrated potential as a low-cost alternative, especially for institutions with limited financial and technological resources. Nevertheless, limitations were identified, such as the need for validation in real hospital environments and the lack of integration with hospital management systems. It is concluded that the use of QR Code technology for the traceability of medical utensils is technically feasible and accessible, providing a practical and quickly adoptable digital solution. Further studies are recommended, including practical validation, expansion of functionalities, and integration with larger hospital management platforms.

**Keywords:** Hospital traceability; QR Code; Sterilization process; Patient safety; low cost.

## 1 INTRODUÇÃO

A central de Materiais e Esterilização (CME) desempenha um papel crucial no cenário odonto-médico-hospitalar. Atua como uma área de apoio técnico essencial para o processamento de artigos que serão utilizados em procedimentos clínicos e cirúrgicos, considerando a limpeza, o preparo, a esterilização, a guarda e a distribuição dos materiais às demais áreas hospitalares. A CME garante a disponibilidade destes materiais para o novo uso em pacientes de maneira segura e livre de qualquer contaminação (Ascari et al., 2013).

A implementação de métodos automatizados de rastreamento proporciona uma série de benefícios essenciais para os serviços de saúde. Estes incluem não apenas o aumento da produtividade, mas também melhorias significativas na qualidade dos cuidados prestados, aprimoramento da segurança do paciente e uma gestão mais eficiente dos equipamentos médicos. Além disso, esses métodos contribuem para a redução dos riscos associados a erros na esterilização e no uso de utensílios médicos. Destaca-se ainda a otimização dos processos operacionais, com a capacidade de identificar pacientes e procedimentos de forma mais precisa, minimizando conflitos de agendamento e maximizando a eficiência global do sistema (Mesquita; Descontaminação, 2013).

A transição para sistemas automatizados de rastreabilidade representa um avanço significativo na gestão eficiente de materiais e esterilização em ambientes de saúde. Isso destaca a necessidade de investimentos em tecnologia e treinamentos, permitindo que os enfermeiros compreendam como essa tecnologia pode facilitar seu trabalho diário e ajudem a superar desafios já existentes. Compreender essa tecnologia é fundamental para a participação da equipe de enfermagem do CME a fim de garantir que nenhuma etapa seja negligenciada e assegurar a veracidade das informações registradas (Silva et al., 2022).

No Brasil, embora existam normas como a RDC no 15/2012 da ANVISA e a ABNT NBR ISO 17665-1 que regulamentam o processamento de produtos para saúde, a adoção de sistemas informatizados de rastreabilidade ainda é limitada. Isso se deve, em grande parte, aos custos envolvidos e à resistência institucional à modernização (Zeferino et al., 2019). No entanto, a padronização e automação dos processos são fundamentais para reduzir os riscos de contaminação, melhorar a eficiência das operações e garantir a conformidade legal.

Entre as tecnologias disponíveis para rastreabilidade, o QR Code se destaca por sua simplicidade, baixo custo e ampla aceitação. Essa tecnologia permite armazenar dados relevantes de cada utensílio e consultar rapidamente seu histórico por meio de dispositivos móveis, tornando-a uma alternativa viável para instituições com limitações financeiras.

Diversos trabalhos correlatos demonstram como a tecnologia pode ser aplicada com sucesso em contextos semelhantes. O sistema Manager-Tools, desenvolvido por Souza Cabral e Duarte (2013), apresentou uma solução baseada em RFID que permite o rastreamento de ativos médicos mesmo sob condições severas, como o calor da autoclave. Os autores

destacam os ganhos operacionais e a redução de erros humanos, embora também indiquem os custos como uma barreira para ampla adoção (Cabral; Duarte, 2013).

Outro exemplo relevante é o sistema TSS: Traceability Software Solution, descrito por (Sookavatana et al., 2023). Esse sistema foi implementado em hospitais tailandeses utilizando QR Code como base para rastreabilidade. A solução mostrou-se eficaz na redução de falhas de registro, otimização do tempo de processamento e maior controle sobre os ciclos de esterilização, utilizando uma interface simples acessível via dispositivos móveis e desktops.

Também merece destaque o projeto de Barahona Moya e Cáceres Lagos (2022), que desenvolveram uma ferramenta de rastreabilidade para um hospital regional em Honduras. A solução implementada permitiu a automatização de relatórios de localização e controle de inventário, aumentando a precisão no manuseio de instrumentos cirúrgicos. O sistema foi desenvolvido com o auxílio do software LabVIEW, enfrentando inicialmente desafios relacionados ao uso de computadores, mas sendo avaliado positivamente pela maioria dos usuários após capacitações.(Moya; Lagos, 2022).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo geral: Aprimorar a qualidade dos serviços de saúde por meio da implementação de um sistema de rastreabilidade de utensílios médicos durante o processo de esterilização, utilizando tecnologia QR Code.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

O desenvolvimento do protótipo foi fundamentado em uma abordagem exploratória de base tecnológica, com foco na implementação de uma solução funcional de rastreabilidade de utensílios médicos durante o processo de esterilização, utilizando tecnologia QR Code. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente, com levantamento de normas, artigos científicos e estudos de caso, destacando-se a RDC nº 15/2012 da ANVISA e a ABNT NBR ISO 17665-1, que regulamentam as práticas de processamento de produtos para a saúde. A partir dessa revisão, foram definidos os requisitos do sistema e a arquitetura proposta, priorizando a utilização de tecnologias acessíveis e de baixo custo, visando a aplicabilidade do sistema em instituições com restrições orçamentárias.

## 2.1 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO WEB

Foi desenvolvido um ambiente web com o objetivo de agilizar o processo de rastreabilidade e controle de cada utensílio esterilizado no CME por meio da tecnologia de QR Code, totalmente baseado em escaneamento, tanto por celular quanto por sensor de leitura convencional.

## 2.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para o desenvolvimento do sistema, foi adotado o framework Flutter, devido à sua capacidade de criar aplicações responsivas, multiplataforma e com amplo suporte a bibliotecas especializadas. A implementação foi realizada na IDE Visual Studio Code, utilizando pacotes consolidados disponíveis no repositório Pub.dev, todos compatíveis com o ambiente web. Os dados foram manipulados localmente e também integrados ao Firebase, garantindo flexibilidade no armazenamento e sincronização da informação.

Foi utilizado o Firebase Realtime Database como solução de armazenamento em nuvem para guardar os dados da aplicação. Essa escolha proporcionou alta agilidade e eficiência, uma vez que o Firebase é baseado em NoSQL, permitindo sincronização em tempo real e fácil escalabilidade.

Para o gerenciamento do estado da aplicação e controle dos dados temporários, foi utilizada a biblioteca Provider (versão 6.0.5). Já o armazenamento local e persistente das informações essenciais para o login do usuário foi realizado por meio da biblioteca Shared Preferences (versão 2.2.2), assegurando a continuidade dos registros entre sessões sem necessidade de realizar login contínuo.

## 2.3 GERAÇÃO E LEITURA DE QR CODE

A geração e leitura de QR Codes foram implementadas utilizando a biblioteca Mobile Scanner (versão 6.0.7), que permitiu o escaneamento por câmeras de dispositivos móveis e webcams, eliminando a necessidade de leitores especializados. A criação visual dos QR Codes foi realizada com a biblioteca Qr Flutter, enquanto a geração e impressão em documentos PDF foram viabilizadas pelas bibliotecas Printing (versão 5.14.2) e PDF (versão 3.11.3). Essa combinação permitiu ao usuário gerar múltiplos QR Codes simultaneamente, otimizando o processo de rotulagem dos pacotes, conforme demanda operacional do CME.

## 2.4 MANIPULAÇÃO DE DADOS

Na manipulação de dados, considerando que o sistema foi desenvolvido para a Web, utilizou-se a combinação das bibliotecas Provider e Shared Preferences, juntamente com o Firebase, para gerenciar diferentes tipos de dados de forma eficiente.

Durante o uso da aplicação, os dados são manipulados por meio do Provider, que gerencia o estado da aplicação em tempo real. As ações realizadas pelos usuários disparam atualizações que são temporariamente armazenadas localmente e, em seguida, enviadas ao Firebase, onde são persistidas de forma definitiva.

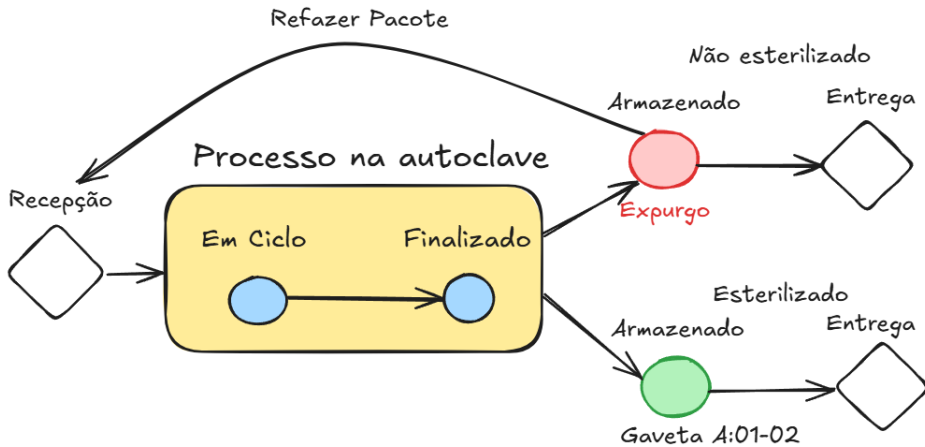
Seguindo o modelo de arquitetura MVC, o Provider atua como uma espécie de Controller, intermediando a comunicação entre as Views (telas) e os Models. As informações geradas nas interfaces são utilizadas para construir os modelos de dados, que são enviados ao banco de dados. Ao mesmo tempo, esses dados são mantidos em memória para evitar requisições desnecessárias, otimizando o desempenho e a experiência do usuário.

Além disso, foi desenvolvido um gerenciador personalizado utilizando o Provider, responsável por controlar os dados relacionados aos pacotes e lotes de esterilização. Esse gerenciador lida tanto com estruturas em forma de listas quanto com as funções essenciais ao funcionamento do sistema.

## 2.5 FLUXO OPERACIONAL DO SISTEMA

Com base no estudo e no fluxo operacional do sistema, foi possível estruturar o processo em cinco etapas principais, conforme descrito por Carvalho et al. (2022): recepção de materiais, criação de lotes de esterilização, processamento na autoclave, armazenamento e entrega ao solicitante. A Figura 1 apresenta o fluxograma geral do ciclo de rastreabilidade proposto.

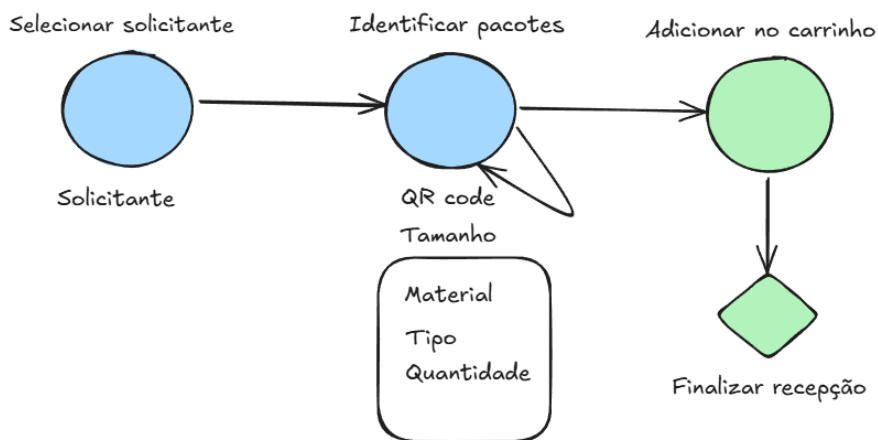
Figura 1 - Fluxograma geral do ciclo de rastreabilidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na etapa de recepção, o responsável pelo CME realiza o cadastro dos materiais entregues pelos usuários, coletando informações como nome do solicitante, tipo, quantidade e características do pacote, como ilustrado na Figura 2. Durante esse processo, o sistema gera automaticamente uma etiqueta contendo o QR Code, que é afixada no pacote, garantindo sua identificação única e rastreabilidade durante todas as etapas subsequentes.

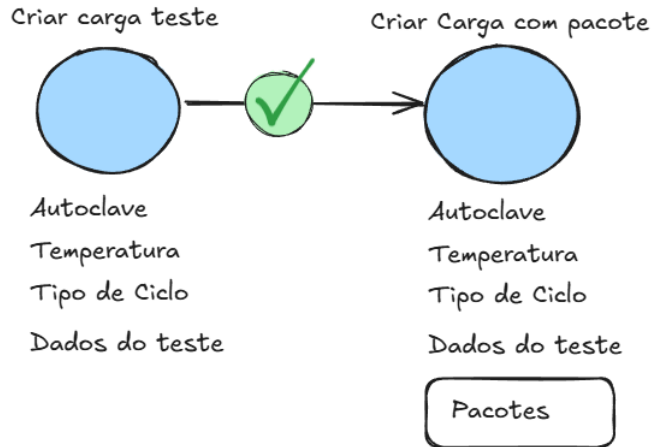
Figura 2 - Fluxograma do recebimento de pacote.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A criação de lotes de esterilização contempla a inclusão obrigatória de uma carga de teste previamente executada e validada, em conformidade com a RDC nº 15/2012. O sistema permite a seleção da autoclave, a definição da temperatura máxima suportada, informações do ciclo e a inclusão dos pacotes, seja por meio de escaneamento individual ou por seleção manual. O fluxo completo desse processo está representado no fluxograma da Figura 3, que descreve visualmente cada etapa necessária para a configuração e montagem do lote de esterilização.

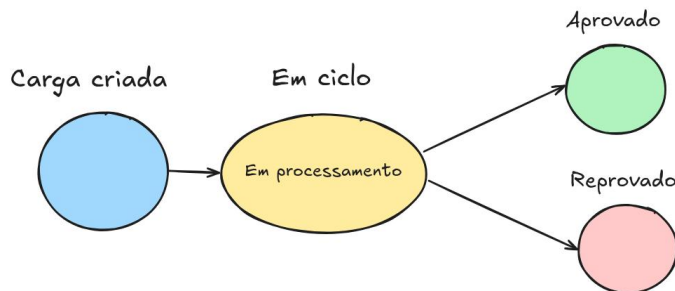
Figura 3 - Fluxograma de criação de cargas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o processamento dos pacotes na autoclave, o sistema altera automaticamente o status para “Em processamento”. Ao término do ciclo, o operador é responsável por registrar a aprovação ou reprovação da carga, sendo obrigatória a descrição detalhada do motivo em casos de reprovação. O fluxo completo desse procedimento está representado no fluxograma da Figura 4, que ilustra visualmente cada etapa, desde o início do processamento até o registro final da aprovação ou reprovação da carga.

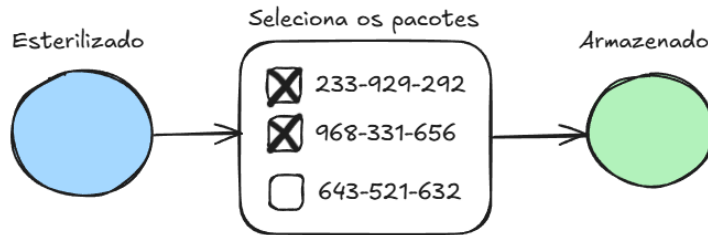
Figura 4 - Fluxograma de esterilização de cargas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Concluído o processo de esterilização, os pacotes aprovados seguem para a etapa de armazenamento. Nessa fase, o operador, por meio do escaneamento dos QR Codes, informa o local de alocação de cada item, garantindo o controle preciso do estoque. O fluxo detalhado dessa operação está representado no fluxograma da Figura 5, que ilustra visualmente todas as etapas.

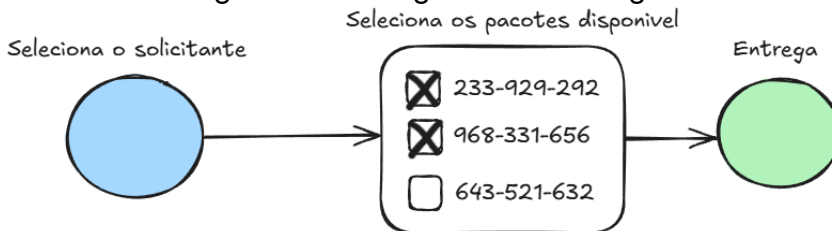
Figura 5 - Fluxograma de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na etapa de entrega, o solicitante retira os pacotes mediante o escaneamento dos QR Codes. Esse procedimento permite ao operador localizar facilmente os itens armazenados, identificar pacotes vencidos ou próximos do vencimento e registrar automaticamente a entrega. O fluxo completo dessa operação está representado no fluxograma da Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma de entrega.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das etapas operacionais, o sistema disponibiliza uma funcionalidade de consulta ao histórico completo de cada pacote, acessível por meio do QR Code, onde são exibidas todas as etapas percorridas, datas, responsáveis e eventuais não conformidades registradas, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Tela de visualização de informações de pacotes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.6 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO

A validação do protótipo foi realizada em ambiente simulado, com dados fictícios, sem aplicação prática em ambiente hospitalar real. O objetivo foi verificar o fluxo completo de rastreabilidade, a estabilidade do sistema e a usabilidade da interface, validando a aderência da solução proposta às necessidades operacionais do CME.

## 3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

O desenvolvimento e validação do protótipo de sistema de rastreabilidade para utensílios médicos utilizando tecnologia QR Code permitiram verificar a viabilidade técnica da proposta, bem como seu potencial de aplicação prática em ambientes hospitalares e clínicas odontológicas. Os testes realizados em ambiente simulado demonstraram que a solução desenvolvida atende integralmente às necessidades do ciclo de rastreabilidade no processo de esterilização, garantindo o registro completo das etapas envolvidas, desde a recepção dos materiais até a entrega ao solicitante, com controle de status, responsáveis e locais de armazenamento.

A utilização do Firebase Realtime Databases de banco de dados em tempo real permitiu que o sistema atingisse maior escalabilidade, segurança e sincronização instantânea das informações entre diferentes dispositivos e usuários. Com isso, tornou-se possível lidar com um grande volume de pacotes e dados de rastreabilidade de forma muito mais rápida e versátil, sem comprometer a integridade das informações.

Em comparação com sistemas comerciais consolidados, como o TSS: Traceability Software Solution e o Manager Tools com RFID, o uso do Firebase coloca o protótipo em um patamar mais competitivo. Apesar de ainda não possuir integração com sistemas de gestão hospitalar (HIS), o backend em nuvem representa uma base sólida para futuras expansões. Enquanto o TSS se destaca pela operabilidade e o Manager Tools pela automação via RFID, o sistema proposto oferece uma combinação estratégica de baixo custo, fácil acesso e desempenho em tempo real. Isso o torna especialmente adequado para instituições de pequeno e médio porte que buscam adotar a rastreabilidade digital de forma eficiente, sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura.

A utilização do QR Code como tecnologia base mostrou-se adequada às demandas do contexto estudado, proporcionando uma alternativa de baixo custo e fácil implementação, considerando a disponibilidade de equipamentos comuns, como smartphones e webcams, para leitura dos

códigos. Essa escolha, alinhada à proposta de acessibilidade tecnológica para instituições com restrições orçamentárias, reforçou o caráter inclusivo do sistema que se apresenta como uma solução viável para instituições de pequeno e médio porte, que frequentemente não dispõem de infraestrutura tecnológica avançada.

Tabela 1: Comparativo entre soluções similares para a implementação em CME

<b>Solução</b>	<b>Custo (Por pacote)</b>	<b>Implementação</b>	<b>Características</b>	<b>Limitações</b>
Protótipo (QR + Firebase)	Muito baixo (centavos por impressão)	Baixo (open source + Firebase gratuito em pequena escala)	Nuvem, multi-plataforma, leitura via QR por celular ou webcam	Sem integração com HIS; escaneamento manual necessário
Traceability Software Solution	Baixo (códigos QR e leitores padrão)	Médio a Alto (licença + integração com sistemas hospitalares)	Integração com sistemas hospitalares, relatórios completos	Requer infraestrutura mínima e treinamento
Manager Tools (RFID)	Baixo (centavos por etiqueta RFID)	Alto (leitores RFID + infraestrutura especializada)	Leitura sem contato, automação alta, resistente a autoclave	Custo elevado e infraestrutura complexa

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Cabral e Duarte (2013); Sookavatana et al. (2023); Moya e Lagos (2022).

Os dados referentes aos custos das soluções apresentadas na Tabela 1 foram baseados em informações disponíveis nos trabalhos de Cabral e Duarte (2013), Sookavatana et al. (2023) e Moya e Lagos (2022). Esses estudos abordam, respectivamente, o custo de soluções com RFID, QR Code comercial e ferramentas de rastreabilidade hospitalar, permitindo a comparação aproximada entre as tecnologias em termos de implementação e operação.

Conforme apresentado na Tabela 1, o uso de tecnologias baseadas em RFID, como descrito por Cabral e Duarte (2013), representa uma solução eficiente para a rastreabilidade de materiais hospitalares, principalmente devido à automação e à leitura sem contato. No entanto, o custo elevado dos equipamentos e a necessidade de uma infraestrutura tecnológica robusta tornam sua adoção inviável para instituições de pequeno e médio porte, que frequentemente enfrentam restrições orçamentárias. Além disso, a escalabilidade dessas soluções depende diretamente da infraestrutura local, o que pode exigir atualizações frequentes e investimentos adicionais, conforme também apontado por Sookavatana et al. (2023). Em contrapartida, o sistema desenvolvido neste trabalho, utilizando QR Code integrado ao Firebase, oferece uma alternativa de baixo custo e fácil implementação, sendo especialmente viável para instituições que buscam soluções acessíveis e escaláveis para automação de processos, mesmo em ambientes com recursos tecnológicos limitados.

O uso de RFID nesse caso oferece uma interação praticamente transparente para o usuário, pois não há necessidade de visualizar códigos criptografados como ocorre com QR codes escaneados por aplicativos móveis. Isso torna o sistema mais seguro e confiável.

Em situações de falha de uma tag ser danificada ou ausente, será necessário que a equipe esteja treinada para realizar a verificação e manutenção do material manualmente. De forma geral, os profissionais que utilizem os materiais precisarão ser instruídos quanto ao uso correto dos leitores RFID e ao procedimento adequado para confirmação dos kits.

Em comparação com o trabalho proposto, a leitura de QR codes é uma ação bastante familiar para muitos usuários, exigindo apenas que se utilize a câmera do smartphone ou um scanner de baixo custo para capturar as informações. O protótipo pode fornecer feedback visual imediato, por exemplo, exibindo os dados do instrumento logo após o escaneamento, o que contribui para maior transparência do processo.

No entanto, a necessidade de apontar e escanear manualmente

cada etiqueta pode se tornar repetitiva, causando lentidão e fadiga em cenários com grande quantidade de itens. Em termos de interface, aplicativos móveis tem uma usabilidade simples, incluindo aspectos como mensagens de erro, tolerância a variações na imagem, entre outros.

De modo geral, QR codes são de fácil compreensão, o que pode favorecer a aceitação inicial do sistema. Ainda assim, o fato de o processo ser manual pode torná-lo mais trabalhoso e menos eficiente em contextos com alta demanda em comparação com trabalhos semelhantes feitos com RFID automatizados.

Foi feita uma comparação com outros protótipos que também utilizam QR Code, como o sistema TSS. Um ponto importante que pode ser adotado como melhoria é a inclusão da assinatura digital (e-signature) no momento da entrega dos utensílios. Essa funcionalidade aumentaria a confiabilidade do processo, principalmente em situações de dúvida ou erro. Por exemplo, se o responsável pelo pacote disser que ele ainda está no CME (Centro de Material e Esterilização), mas o setor que solicitou afirma que já recebeu, a assinatura digital servirá como comprovante formal da entrega. Isso ajuda a evitar conflitos, reforçando a segurança e melhoria da rastreabilidade do sistema.

Quanto ao armazenamento de dados, o TSS utiliza uma abordagem híbrida, os dados são mantidos localmente por até 7 dias e, posteriormente, migrados para a nuvem. Já o sistema proposto neste trabalho utiliza o Firebase, com armazenamento persistente e totalmente em nuvem, garantindo acesso contínuo e seguro às informações, mesmo em longo prazo. No que se refere ao fluxo de funcionamento, ambos os sistemas apresentam similaridades, porém, com diferenças significativas na forma de exibição dos logs.

No sistema proposto com rastreamento via QR Code, há um histórico completo do ciclo do pacote. Sempre que o QR Code é escaneado em qualquer etapa do processo, o sistema exibe todas as fases: recepção, esterilização, armazenamento e entrega. Já o TSS apresenta apenas informações resumidas sobre o equipamento e um histórico mais superficial do processo.

Além disso, o sistema desenvolvido neste trabalho conta com uma tela de visualização detalhada, onde são exibidos logs completos das etapas, incluindo datas, responsáveis e falhas, conforme ilustrado anteriormente na Figura 7. Em contraste, o TSS oferece apenas uma lista básica de informações, com interface limitada e sem aprofundamento na visualiza-

ção de dados históricos.

Em resumo, há alto potencial para análises estatísticas (uso de instrumentais, tempos de ciclo, índices de retrabalho), uma vez que o processo é continuamente monitorado eletronicamente.

O DataMatrix, tecnologia semelhante ao QR Code, é amplamente empregado no escaneamento de produtos; Costa et al. (2024) analisaram um sistema de rastreabilidade de utensílios médicos no Hospital João XXIII (HJXXIII) .

Tabela 2: Comparação das limitações técnicas dos sistemas de rastreabilidade informatizada utilizando DataMatrix

<b>Aspecto</b>	<b>Sistema AGEIS CME</b>	<b>Protótipo QR Code</b>
<b>Leitura de código</b>	Dificuldade com DataMatrix, especialmente após esterilização e em equipamentos automatizados.	Leitura facilitada com QR Code utilizando smartphones e webcams, com menor custo e maior praticidade.
<b>Desempenho do sistema</b>	Relatos de lentidão, falhas de resposta e instabilidade durante o uso hospitalar real.	Desempenho leve e estável em ambiente simulado, com uso de Firebase para sincronização em tempo real.
<b>Necessidade de treinamento</b>	Treinamento contínuo necessário para a equipe do CME devido à complexidade do sistema.	Necessita capacitação, mas a interface amigável facilita o uso inicial por novos usuários.
<b>Acessibilidade tecnológica</b>	Sistema robusto com exigência de infraestrutura hospitalar e suporte técnico especializado.	Sistema de baixo custo, multiplataforma e acessível a instituições com restrições orçamentárias.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tanto o trabalho de Thais Maria Teixeira Costa quanto o trabalho proposto reconhecem que a adoção de sistemas informatizados de rastreabilidade em Centros de Material e Esterilização (CMEs) enfrenta desafios práticos e operacionais. No entanto, cada estudo evidencia essas limitações sob diferentes contextos tecnológicos e institucionais.

No caso do sistema AGEIS CME, implantado em um hospital público de grande porte, foram relatadas algumas dificuldades que impactam diretamente o desempenho e a eficiência no ambiente de trabalho. Um dos principais problemas relatados ocorreu foi a lentidão do sistema durante o uso cotidiano, o que compromete a fluidez das atividades e gera atrasos no fluxo operacional. Além disso, ocorreu dificuldade na leitura de códigos DataMatrix, especialmente em situações nas quais as etiquetas apresentam desgaste ou umidade após os ciclos de esterilização, comprometendo a rastreabilidade dos materiais. Outro problema identificado foi às falhas de leitura nas autoclaves automatizadas, aonde muitas vezes não conseguiram realizar a leitura precisa dos instrumentos.

Em contrapartida, no protótipo baseado em QR Code desenvolvido, algumas dessas limitações foram mitigadas por meio de escolhas tecnológicas mais simples e acessíveis. O uso de QR Code, em vez de DataMatrix ou RFID, resultou em uma leitura mais rápida e precisa utilizando equipamentos comuns, como smartphones e webcams, o que facilita a acessibilidade do escaneamento em qualquer tablet ou scanner de baixo custo.

Uma limitação crítica, porém, é a dependência do escaneamento manual em todas as etapas, o que pode representar um risco de erro humano caso não haja a devida atenção durante o processo.

Apesar dos resultados satisfatórios, é importante destacar limitações relevantes identificadas durante o desenvolvimento e validação do sistema. A principal limitação consiste na ausência de validação em ambiente real, com a participação de profissionais do CME e em rotinas de trabalho consolidadas. Tal restrição impossibilitou a análise da aceitação da solução pelos usuários finais, bem como a identificação de barreiras práticas de adoção, dificuldades de operação em contextos reais e eventuais necessidades de ajustes na interface e funcionalidades. Além disso, a ausência de integração com sistemas de gestão hospitalar (HIS) limita o escopo do sistema, dificultando sua utilização em ambientes que demandam usabilidade e troca de informações com outras plataformas corporativas.

Outra limitação observada refere-se à dependência de dispositivos externos para a leitura dos QR Codes, o que, embora tenha sido mitigado pelo suporte a webcams e celulares, pode representar uma barreira operacional em ambientes onde a infraestrutura digital é incipiente ou inexistente. Nesse contexto, recomenda-se que a instituição adquira um leitor de QR Code simples e de baixo custo, o que pode facilitar o processo e

reduzir a margem de erro. A ausência desses dispositivos acaba exigindo intervenção manual em determinadas etapas, como a confirmação de armazenamento e entrega, ainda que automatizadas via QR Code, mantém certa dependência de ações humanas, o que pode impactar a acurácia dos registros caso os procedimentos operacionais não sejam seguidos corretamente.

Ainda assim, os resultados obtidos neste trabalho reforçam o potencial do sistema como uma ferramenta de apoio à rastreabilidade de utensílios médicos, promovendo melhorias significativas nos processos de controle, segurança do paciente e auditoria, além de contribuir para a conformidade com as normativas vigentes, como a RDC nº 15/2012 da ANVISA. A adoção de um sistema digital de rastreabilidade, mesmo que em formato prototipado, representa um avanço significativo frente aos métodos tradicionais de controle manual, com ganhos operacionais evidentes, como a redução do tempo de processamento, eliminação de erros de registro e aumento da confiabilidade dos dados.

#### **4 CONCLUSÃO**

O desenvolvimento do protótipo de sistema de rastreabilidade para utensílios médicos por meio de tecnologia QR Code, apresentado neste trabalho, permitiu validar a viabilidade técnica e operacional da proposta, atendendo aos objetivos estabelecidos. O sistema demonstrou capacidade de realizar o controle completo do ciclo de esterilização, desde a recepção dos materiais até a entrega ao solicitante, garantindo a rastreabilidade integral das etapas, com registros detalhados de status, responsáveis e datas. A utilização do QR Code, em conjunto com tecnologias acessíveis, como câmeras de dispositivos móveis e webcams, reforçou o potencial do sistema como alternativa de baixo custo, especialmente para instituições de pequeno e médio porte que frequentemente enfrentam limitações orçamentárias e de infraestrutura tecnológica. A proposta contribui significativamente para a modernização dos processos de rastreabilidade em ambientes hospitalares, promovendo maior segurança do paciente, redução de erros operacionais e conformidade com as normas vigentes, como a RDC nº 15/2012 da ANVISA.

Entretanto, destaca-se que o sistema, em sua versão prototipada, apresenta limitações importantes, dentre as quais se ressalta a ausência de validação prática em campo, com o envolvimento direto de profissionais do CME em situações reais de trabalho. Essa lacuna impede a

análise aprofundada da aceitação da tecnologia pelos usuários, identificação de barreiras operacionais, usabilidade em contextos cotidianos e necessidades de ajustes na interface ou nos fluxos de trabalho. Além disso, a inexistência de integração com sistemas de gestão hospitalar limita a aplicabilidade do sistema em ambientes mais complexos, restringindo seu uso a cenários isolados.

Dessa forma, recomenda-se, para trabalhos futuros, a realização de testes práticos em instituições de saúde, com participação ativa dos profissionais da área, de modo a validar a eficiência, a usabilidade e a aceitabilidade do sistema em contextos reais. Sugere-se, ainda, a evolução da arquitetura da aplicação, contemplando a integração com plataformas hospitalares, a incorporação de mecanismos de autenticação avançada e a expansão das funcionalidades para abranger múltiplos métodos de esterilização, ampliando, assim, a robustez e a aplicabilidade da solução proposta. Com essas evoluções, o sistema poderá consolidar-se como uma ferramenta estratégica para a rastreabilidade hospitalar, contribuindo para o fortalecimento das práticas de segurança do paciente e aprimoramento dos processos de controle de materiais esterilizados no setor de saúde.

## **REFERÊNCIAS**

ASCARI, R. A. et al. **O processo de esterilização de materiais em serviços de saúde: uma revisão integrativa.** 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Esterilização de produtos para saúde - Vapor - Parte 2: Guia de aplicação da ABNT NBR ISO 17665-1.** Rio de Janeiro, Brasil, 2013. ISO/TS 17665-2:2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (Brasil). **Informação e documentação - Sumário - Apresentação: NBR 6027.** Rio de Janeiro, 2012.

CABRAL, L. de S.; DUARTE, R. R. L. **ManagerTools: Uso da tecnologia de identificadores de rádio frequência (RFIDs) para rastreamento de ativos nos Centros Médicos de Esterilização.** 2013.

CARVALHO, A. A. de et al. **Construção e validação de fluxogramas dos processos de esterilização por trabalhadores.** 2022.

COSTA, T. M. T. et al. **Análise da implantação de um sistema de rastreabilidade informatizado em um centro de material e esterilização hospitalar.** [S.l.]: Universidade Federal de Minas Gerais, 2024.

MESQUITA, K. H. R. P.; DESCONTAMINAÇÃO, E. S. **Sistema de rastreabilidade automatizado na central de material e esterilização e seus impactos na humanização e segurança do paciente.** 2013.

MOYA, G. B.; LAGOS, F. C. **Traceability Tool for Instruments within the Sterilization Department of the Western Regional Hospital in Honduras.** 2022. 1-6 p.

SILVA, T. F. et al. **Implementação de processo de identificação e rastreio do material processado em um centro de material e esterilização.** 2022. 459–476 p.

SOOKAVATANA, P. et al. **TSS: Traceability Software Solution, A Medical Equipment Sterilization Process Trace-Back System.** 2023. 1-4 p.

ZEFERINO, E. B. B. et al. **Value Flow Map: application and results in the disinfection center.** [S.l.]: SciELO Brasil, 2019. 140–146 p.