

BLOCKCHAIN E SMART CONTRACTS: OTIMIZANDO A AUDITORIA NA GESTÃO DA SAÚDE**BLOCKCHAIN AND SMART CONTRACTS: OPTIMIZING AUDITING IN HEALTHCARE MANAGEMENT****BLOCKCHAIN Y CONTRATOS INTELIGENTES: OPTIMIZACIÓN DE LA AUDITORÍA EN LA GESTIÓN DE LA SALUD**

10.56238/revgeov17n1-081

Antonio Pedro Abido Ribeiro

Mestre em Health Management

Instituição: Metropolitan University Science and Technology (Must University) - Florida
E-mail: antonioparibeiro@hucff.ufrj.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-1429-0605>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2428311811324350>

Henrique de Castro Rodrigues

Mestre em Epidemiologia em Saúde Pública

Instituição: Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Rio Janeiro
E-mail: henrique.rodrigues.1@ebserh.gov.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3389-7208>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4336131169772405>

Rafael Florêncio da Silva

Mestre em Ciências Contábeis

Instituição: Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Rio Janeiro
E-mail: rafael.florencio@ebserh.gov.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-9658-2354>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5153149716225690>

Marcos Saramago

Mestre em Medicina

Instituição: Universidade Positivo
E-mail: saramagomed@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6913-1629>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0440163835668464>



Felipe Teruo Yoshihaga

Especialista em Tecnologia, Empreendedorismo e Métodos Ágeis

Instituição: Instituto Infnet e UniAmérica Descomplica

E-mail: felipe.yoshinaga@oncomedoncologia.com.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-4117-964X>Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8597057619690297>**Leonardo Saturino**

MBA e Especialista em Projetos e Administração

Instituição: Manchester Business School e Fundação Getúlio Vargas (FGV)

E-mail: leonardo.souza@oncomedoncologia.com.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6767-7679>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3319329749683982>**Georgenan Monteiro Silva dos Santos**

Mestre em Gestão da Saúde e Profissional de Educação Física

Instituição: Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) e Metropolitan University Science
and Technology (Must University) - Florida

E-mail: georgenan@gmsdsscientific.onmicrosoft.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-3107-4633>Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1382779212994596>**Luiz Miguel Picelli Sanches**

Specialist in Health Informatics, PhD in Nursing

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco Northern College of Applied Arts and Technology -
Canada

E-mail: luiz.sanches@mustedu.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8660-5606>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5335858117403492>

RESUMO

A auditoria na gestão da saúde desempenha papel essencial para assegurar qualidade, conformidade regulatória e segurança dos pacientes, mas enfrenta limitações decorrentes de processos manuais, custos elevados e vulnerabilidades a fraudes. Este estudo, caracterizado como uma revisão bibliográfica narrativa, objetivou analisar o potencial da tecnologia blockchain e dos contratos inteligentes como ferramentas de otimização para auditoria em saúde. Os resultados evidenciam que a blockchain, ao fornecer registros imutáveis, transparentes e distribuídos, amplia a rastreabilidade das informações e reduz a suscetibilidade a manipulações. Os contratos inteligentes, por sua vez, automatizam fluxos e verificações de conformidade, diminuindo erros humanos, acelerando processos e reduzindo custos operacionais. Além de fortalecer a detecção de fraudes e falhas, essas tecnologias oferecem maior eficiência e integridade às auditorias, beneficiando tanto instituições de saúde quanto pacientes. Apesar dos benefícios identificados, persistem desafios relacionados à regulamentação, interoperabilidade e privacidade, que precisam ser superados para viabilizar sua adoção em larga escala. Conclui-se que blockchain e contratos inteligentes representam soluções promissoras para uma gestão da saúde mais eficiente, segura e transparente.



Palavras-chave: Auditoria. Blockchain. Contratos Inteligentes. Custos Operacionais. Gestão da Saúde.

ABSTRACT

Auditing in healthcare management plays an essential role in ensuring quality, regulatory compliance, and patient safety, but faces limitations due to manual processes, high costs, and vulnerabilities to fraud. This study, characterized as a narrative literature review, aimed to analyze the potential of blockchain technology and smart contracts as optimization tools for healthcare auditing. The results show that blockchain, by providing immutable, transparent, and distributed records, increases the traceability of information and reduces susceptibility to manipulation. Smart contracts, in turn, automate flows and compliance checks, reducing human error, speeding up processes, and reducing operating costs. In addition to strengthening the detection of fraud and failures, these technologies offer greater efficiency and integrity to audits, benefiting both healthcare institutions and patients. Despite the identified benefits, challenges related to regulation, interoperability, and privacy remain, which must be overcome to enable their large-scale adoption. It is concluded that blockchain and smart contracts represent promising solutions for more efficient, secure, and transparent healthcare management.

Keywords: Auditing. Blockchain. Smart Contracts. Operating Costs. Health Management.

RESUMEN

La auditoría en la gestión de la salud desempeña un papel esencial para garantizar la calidad, el cumplimiento normativo y la seguridad de los pacientes, pero se enfrenta a limitaciones derivadas de los procesos manuales, los altos costes y la vulnerabilidad al fraude. Este estudio, caracterizado como una revisión bibliográfica narrativa, tuvo como objetivo analizar el potencial de la tecnología blockchain y los contratos inteligentes como herramientas de optimización para la auditoría en el ámbito de la salud. Los resultados evidencian que la cadena de bloques, al proporcionar registros inmutables, transparentes y distribuidos, amplía la trazabilidad de la información y reduce la susceptibilidad a la manipulación. Los contratos inteligentes, por su parte, automatizan los flujos y las verificaciones de conformidad, lo que reduce los errores humanos, acelera los procesos y reduce los costes operativos. Además de reforzar la detección de fraudes y fallos, estas tecnologías ofrecen una mayor eficiencia e integridad a las auditorías, lo que beneficia tanto a las instituciones sanitarias como a los pacientes. A pesar de los beneficios identificados, persisten los retos relacionados con la regulación, la interoperabilidad y la privacidad, que deben superarse para que su adopción a gran escala sea viable. Se concluye que el blockchain y los contratos inteligentes representan soluciones prometedoras para una gestión sanitaria más eficiente, segura y transparente.

Palabras clave: Auditoría. Cadena de Bloques. Contratos Inteligentes. Costos Operativos. Gestión de la Salud.



1 INTRODUÇÃO

A auditoria é um processo sistemático que visa assegurar a conformidade, eficiência e qualidade dos serviços nas instituições de saúde (Gao, 2025). A incorporação da tecnologia blockchain e dos contratos inteligentes tem otimizado os processos de auditoria nos países desenvolvidos (Ma et al., 2022). A *Blockchain*, nesse contexto, é uma tecnologia de registro distribuído que funciona como um banco de dados descentralizado, onde as transações são conectadas de forma sequencial e cronológica, garantindo a imutabilidade dos dados uma vez registrados (Mackey et al., 2020; Zhuang et al., 2020; Ma et al., 2022). Por sua vez, os Contratos Inteligentes são códigos programados para executar ações específicas de forma automática e autônoma na blockchain, sempre que condições predefinidas forem atendidas, sem a necessidade de intervenção manual ou de terceiros (Kaafarani et al., 2024; Cheng, Chong e Xu, 2023).

Originalmente utilizada em transações de criptomoedas, como o Bitcoin, a natureza de código aberto da blockchain tornou-se fundamental para prevenir a monopolização por grandes empresas (Fukuoka et al., 2023) em diversos setores, incluindo a saúde (Kaafarani; Ismail; Zahwe, 2024), os Contratos Inteligentes aproveitam a imutabilidade e descentralização da Blockchain para automatizar processos e assegurar transparência (Cheng; Chong; Xu, 2023). Essas tecnologias oferecem maior transparência, inalterabilidade e rastreabilidade, podendo mitigar fraudes, otimizar a gestão de consentimento de pacientes e melhorar a interoperabilidade de registros (Mackey et al., 2020). A automatização de fluxos de auditoria via contratos inteligentes promove eficiência e diminuição de custos, enfrentando limitações dos sistemas tradicionais (Meinert et al., 2019).

Apesar do potencial promissor, a implementação dessas ferramentas enfrenta barreiras substanciais. Questões regulatórias e a integração de informações dos pacientes na Blockchain são obstáculos. Além do mais, o grande volume de dados de saúde, como arquivos de imagem, limita a viabilidade de seu armazenamento completo em uma Blockchain. A interoperabilidade entre diferentes sistemas de saúde e a compreensão da tecnologia por governos e consumidores são pré-requisitos cruciais (Rizzardi et al., 2024).

Este trabalho tem por objetivo analisar o potencial da tecnologia blockchain e dos contratos inteligentes como ferramentas de otimização para auditoria em saúde. Analisaremos artigos científicos que discutem implementações práticas e desafios enfrentados, com o objetivo de fornecer uma análise abrangente e propor soluções para superar obstáculos, contribuindo para sistemas de saúde mais seguros e eficientes.



2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica narrativa. O objetivo principal foi analisar criticamente a literatura existente sobre a aplicação da *Blockchain* e dos contratos inteligentes na otimização dos processos de auditoria na gestão da saúde.

Portanto, formulou-se a seguinte questão norteadora: de que maneira a tecnologia *Blockchain* e os contratos inteligentes podem otimizar os processos de auditoria na gestão da saúde, promovendo maior eficiência, transparência, rastreabilidade e redução de custos?

Na etapa seguinte, foram identificadas as palavras-chave e os termos de busca relevantes, como “*blockchain*”, “*contratos inteligentes*”, “*auditoria*”, “*gestão da saúde*”, “*custos operacionais*”, “*eficiência*”, “*detecção de fraudes*” e “*tecnologia da saúde*”. A busca foi conduzida utilizando o operador booleano AND em diferentes combinações, tais como: “*blockchain AND smart contracts AND auditoria*” ou “*gestão da saúde AND custos operacionais AND eficiência*”, de modo a refinar os resultados e garantir a pertinência dos estudos selecionados.

A busca sistemática foi realizada em bases de dados científicas de referência, incluindo PubMed e IEEE Xplore. Foram definidos critérios de inclusão e exclusão para selecionar os artigos mais relevantes, considerando: trabalhos que abordassem o uso da *Blockchain* e dos contratos inteligentes na auditoria da gestão da saúde, analisando benefícios, desafios ou tendências do tema; que tivessem sido publicados em periódicos científicos revisados por pares; que estivessem redigidos em inglês, português ou espanhol; e que tivessem sido publicados nos últimos dez anos (2015–2025). Por outro lado, foram excluídos trabalhos que não se alinhassesem ao escopo temático definido e que não tivessem passado por revisão por pares, que estivessem fora do período de publicação estipulado ou em outros idiomas, além de publicações duplicadas ou que não fossem pesquisas originais e relevantes para o tema.

Após a seleção inicial, procedeu-se à leitura integral e à análise crítica dos artigos, a fim de extraír informações relevantes, como objetivos, metodologia, resultados e conclusões. Para auxiliar na condensação das ideias centrais e na pré-tabulação dos principais elementos de cada estudo, foi empregada a ferramenta de Inteligência Artificial Notebook M. Esta ferramenta facilitou a organização inicial das informações relevantes, como objetivos, metodologia, resultados e conclusões. Os dados extraídos foram organizados em uma matriz de análise em formato de quadros, o que possibilitou identificar: (a) as plataformas de *blockchain* e contratos inteligentes identificadas na literatura na área de saúde; (b) os principais aplicações por grupo temático; (c) as vantagens e desafios do uso de *blockchain* nos serviços médicos; (d) quais os padrões e lacunas presentes na literatura. É fundamental ressaltar que a seleção final dos artigos, a análise crítica de seu conteúdo e a síntese para a revisão e escrita acadêmica foram integralmente realizadas pelos pesquisadores, garantindo a profundidade e a



validade da interpretação dos dados. Essa abordagem tecnológica teve como objetivo otimizar o tempo de processamento das informações, permitindo maior foco na qualidade da análise conceitual e teórica.

Por fim, realizou-se a síntese e a interpretação dos resultados, com o propósito de responder à questão de pesquisa e alcançar os objetivos propostos. A discussão foi conduzida à luz das teorias e modelos existentes, destacando as implicações para a prática profissional e para investigações futuras.

3 RESULTADOS

Foram identificadas na literatura sete plataformas de Blockchain e Contratos Inteligentes na área da saúde (Quadro 1). A *Ethereum* e a *Hyperledger Fabric* são as plataformas com mais exemplos de aplicação prática em Blockchain, mencionadas como as mais utilizadas para Contratos Inteligentes.

Quadro 1: Plataformas *Blockchain* e Contratos Inteligentes

Plataforma Blockchain	Uso e Exemplos de Aplicação	Fontes
Ethereum	<ul style="list-style-type: none">• Plataforma para protótipos de combate a fraudes;• Solução para rastreamento de vacinas COVID-19; Auditoria de EHR;• Arquitetura em camadas generalizável;• Uso em análise de fraudes em seguros;• Mencionado como uma das principais plataformas para Contratos Inteligentes	<ul style="list-style-type: none">• Mackey, et al., 2020;• Musamih, et al., 2021
<i>Hyperledger Fabric</i>	<ul style="list-style-type: none">• Rede privada distribuída para maior confidencialidade e escalabilidade;• Plataforma para identidade auto-soberana (MediLinker);• Mencionado como uma das principais plataformas para Contratos Inteligentes;• Auditoria no contexto de <i>Hyperledger Fabric</i>.	<ul style="list-style-type: none">• Bandhu, et al., 2023;• Harrell, et al., 2022
<i>Hyperledger Indy</i>	<ul style="list-style-type: none">• Framework para armazenar identificadores descentralizados (DIDs) de pacientes	<ul style="list-style-type: none">• Harrell, et al., 2022
<i>Hyperledger Aries</i>	<ul style="list-style-type: none">• Middleware (API) para conectar <i>Hyperledger Indy</i> com interfaces front-end	<ul style="list-style-type: none">• Harrell, et al., 2022
<i>Quorum</i>	<ul style="list-style-type: none">• Plataforma para melhorar a privacidade, garantindo que as transações entre entidades só possam ser visualizadas por elas;• Rede blockchain federada para evitar múltiplos benefícios e violações de dados	<ul style="list-style-type: none">• Musamih, et al., 2021



Bitcoin	<ul style="list-style-type: none"> Mencionado em análise comparativa de soluções <i>blockchain</i> existentes 	<ul style="list-style-type: none"> Bandhu, et al., 2023
<i>BigchainDB</i>	<ul style="list-style-type: none"> Mencionado em trabalhos relacionados à detecção de fraudes em seguros de saúde 	<ul style="list-style-type: none"> Kaafarani, Ismail, & Zahwe, 2024

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto às aplicações na área da saúde, o uso de Blockchain e os Contratos Inteligentes se destacaram na arquitetura e gestão de Registros de Saúde Eletrônicos (EHR), na modelagem de dados com ênfase na garantia da segurança e privacidade, e na rastreabilidade e segurança da cadeia de suprimento de insumos e medicamentos (Quadro 2). Foram identificadas, também, aplicações práticas na interoperabilidade de sistemas, na transparência de processos e transações, além da gestão do consentimento do paciente para compartilhamento de dados e documentos sensíveis.

Quadro 2: Temas e Aplicações Principais

Tema Principal	Aplicações Específicas	Fontes
Gestão de Registros de Saúde Eletrônicos (EHR)	<ul style="list-style-type: none"> Arquitetura para desenvolvimento de aplicações de saúde; Gestão de consentimento de pacientes; Compartilhamento seguro de dados de saúde; Auditoria de acesso a EHR; Gestão de identidade auto-soberana para pacientes; Gestão de pedidos de <i>Limited Data Set</i> (LDS) biomédicos 	<ul style="list-style-type: none"> Zhuang, et al., 2020; Tith, et al., 2020
Segurança e Privacidade de Dados	<ul style="list-style-type: none"> Modelo de compartilhamento seguro de dados utilizando criptografia baseada em atributos; Combate a fraudes e abusos em seguros de saúde; Auditoria de trilhas para garantir conformidade; Prevenção de fraudes baseadas em aprovação de <i>tokens</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Mackey, et al., 2020; Song, et al., 2024
Cadeia de Abastecimento Farmacêutica	<ul style="list-style-type: none"> Rastreabilidade e segurança da cadeia de abastecimento de medicamentos; Solução para distribuição e entrega de vacinas COVID-19; Gestão da rede logística de suprimentos para equipamentos e resíduos médicos COVID-19 	<ul style="list-style-type: none"> Bandhu, et al., 2023; Musamih, et al., 2021
Interoperabilidade de Sistemas	<ul style="list-style-type: none"> Modelo de interoperabilidade em sistemas de saúde; Desafios para alcançar a integração de dados clínicos 	<ul style="list-style-type: none"> Harrell, et al., 2022
Processos e Transações	<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da transparência em ensaios clínicos usando contratos inteligentes; Pagamentos automatizados 	<ul style="list-style-type: none"> Meinert, et al., 2019, Cheng, Chong & Xu, 2023



Consentimento do Paciente	<ul style="list-style-type: none"> Gestão de consentimento baseada em propósito; Permissão e revogação de acesso a dados 	<ul style="list-style-type: none"> Tith, et al., 2020
---------------------------	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores

As aplicações identificadas no Quadro 2 demonstram o potencial da tecnologia Blockchain e dos Contratos Inteligentes na gestão da saúde. Entre as vantagens mais proeminentes, destacam-se a maior segurança e privacidade no compartilhamento de dados, a gestão de consentimento de pacientes e a auditoria de acesso aos EHRs. A segurança e privacidade de dados são reforçadas por modelos de compartilhamento seguro e pelo combate a fraudes e abusos em seguros de saúde, estabelecendo trilhas de auditoria robustas. Na Cadeia de Abastecimento Farmacêutica, o aprimoramento da rastreabilidade e da segurança garante a integridade na distribuição de insumos e medicamentos. A transparência nos processos e transações e o controle granular no consentimento do paciente para acesso a dados sensíveis complementam a lista das vantagens principais (Quadro 3).

Por outro lado, a implementação dessas tecnologias não está isenta de desafios. A interoperabilidade de sistemas é apontada como uma barreira considerável, necessitando de padrões abertos e camadas de integração para conectar as soluções Blockchain aos sistemas legados existentes. Além disso, questões como a falta de padronização regulatória, a necessidade de acordos entre as diversas partes interessadas e os desafios práticos de implementação em cenários reais são obstáculos que demandam atenção. A conciliação da imutabilidade da Blockchain com os requisitos de privacidade de dados, como a LGPD e GDPR, também exige arquiteturas permissionadas e arranjos *off-chain* específicos.

Quadro 3: Vantagens e Desafios do Uso de *Blockchain* em Serviços Médicos

Aspecto	Descrição	Fontes
Segurança de <i>Smart Contracts</i>	<ul style="list-style-type: none"> A análise de segurança usando a ferramenta Oyente mostrou ausência de vulnerabilidades no contrato inteligente implementado, Os contratos Ethereum foram robustos contra vulnerabilidades conhecidas. 	<ul style="list-style-type: none"> Musamih, et al., 2021
Custos de Transação	<ul style="list-style-type: none"> Para mitigar custos de "gas", sugere-se o uso de <i>blockchains</i> Ethereum privadas e algoritmos como <i>Proof of Stake</i> e <i>Proof of Authority</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Musamih, et al., 2021
Privacidade	<ul style="list-style-type: none"> A plataforma <i>Quorum</i> garante que transações entre entidades sejam visíveis apenas para as partes envolvidas, aumentando a privacidade 	<ul style="list-style-type: none"> Musamih, et al., 2021
Cadeia de Suprimentos	<ul style="list-style-type: none"> Aplicações em <i>Hyperledger Fabric</i>, destacando confidencialidade e escalabilidade, sem mineração, na rastreabilidade farmacêutica. 	<ul style="list-style-type: none"> Musamih, et al., 2021



Detecção de Fraudes	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de recomendação automático para plataformas de contratos inteligentes, abordando fraudes em seguros de saúde; Sistema para detecção de fraudes que considera taxas de transferência e latência, implementado em <i>Hyperledger Fabric</i> e <i>Neo</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Kaafarani, Ismail, & Zahwe, 2024
Auditoria de EHR	<ul style="list-style-type: none"> Abordagem para auditoria baseada em <i>blockchain</i> utilizando um sistema de auditoria de EHR que integra políticas XACML, mostrando-se abrangente em relação ao controle de acesso e pagamentos 	<ul style="list-style-type: none"> Ullah, Farooq & Khan, 2024
Desafios Identificados	<ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidade, Falta de padronização regulatória, Necessidade de acordos entre partes interessadas, Desafios de implementação em cenários reais. 	<ul style="list-style-type: none"> Musamih, et al., 2021; Harrell, et al., 2022

Fonte: Elaborado pelos autores

Apesar do potencial promissor da tecnologia blockchain e dos contratos inteligentes na otimização da auditoria em saúde, a análise da literatura e os dados apresentados no Quadro 3, sob a seção "Desafios Identificados", revelam a existência de barreiras complexas e multifacetadas. Observa-se que a interoperabilidade de sistemas, a falta de padronização regulatória e as dificuldades inerentes à implementação em cenários reais são consistentemente apontadas como obstáculos substanciais (Musamih et al., 2021; Harrell et al., 2022). A recorrência desses desafios ao longo dos estudos examinados, inclusive com a identificação da interoperabilidade como um pré-requisito crucial já na introdução do trabalho (Rizzardi et al., 2024), sinaliza a profundidade dessas questões.

A literatura consultada demonstra que a efetivação do potencial otimizador dessas tecnologias requer o endereçamento de aspectos que vão além das soluções meramente técnicas. Estes incluem a necessidade de estabelecer consensos entre os múltiplos stakeholders, o desenvolvimento de arcabouços regulatórios específicos e a gestão da complexidade de integrar inovações a sistemas legados existentes. Tal panorama descritivo dos achados realça que a transição da promessa tecnológica para sua adoção prática em larga escala na auditoria em saúde está intrinsecamente ligada à capacidade de lidar com essa inter-relação de fatores técnicos, regulatórios e organizacionais, conforme delineado pelas fontes consultadas.

4 DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão indicam que a adoção combinada de blockchain e contratos inteligentes elevam a eficiência, transparência e rastreabilidade dos processos de auditoria na gestão da saúde, com potencial de redução de custos operacionais. Em síntese, as evidências apontam que o registro distribuído e imutável de eventos clínico-assistenciais, financeiros e logísticos cria trilhas de auditoria confiáveis e contínuas, diminuindo retrabalhos e tempo despendido em conciliações (Mackey; Cuomo, 2020; Meinert et al., 2019; Zhuang et al., 2020).



Diversos países estão ativamente incorporando a blockchain e contratos inteligentes em processos que aprimoram a auditoria e a governança. A Estônia, Singapura, Suécia e os Emirados Árabes Unidos utilizam essas tecnologias para aumentar a integridade dos dados governamentais, reduzir a burocracia e melhorar a transparência e eficiência em seus serviços públicos, visando maior auditabilidade e prevenção de fraudes (CNA7 Notícias, 2025). No Brasil, instituições como a Receita Federal, CVM, Banco Central e ministérios, além dos cartórios com o e-notariado, já integram a blockchain em operações diárias para conferir segurança e rastreabilidade (Contadores.cnt.br, 2024). Nos Estados Unidos, empresas como a Walmart empregam contratos inteligentes em cadeias de suprimentos para criar ecossistemas transparentes e rastreáveis (Migalhas, 2024), enquanto na Austrália, empresas especializadas realizam auditorias rigorosas de contratos inteligentes para garantir a segurança e a integridade desses sistemas (ETECHPT, 2023).

No eixo da eficiência, os contratos inteligentes automatizam verificações de elegibilidade, autorizações, regras de coparticipação e liquidação de sinistros, acionando “gatilhos” programados que substituem etapas manuais e hierarquias de aprovação típicas das auditorias tradicionais. Essa automação, executada em ambiente governado por regras explícitas e auditáveis, encurta ciclos de análise, reduz filas e minimiza erros humanos (Cheng; Chong; Xu, 2023; Mackey; Cuomo, 2020; Roman-Martinez et al., 2023). Em operações sensíveis, como a conferência de contas médicas complexas, a execução autônoma de critérios pré-definidos pelos contratos inteligentes reduz a variabilidade entre auditores e padroniza decisões (Kaafarani; Ismail; Zahwe, 2024).

Quanto à transparência e rastreabilidade, o *ledger* distribuído registra, de forma sequencial e resistente a adulterações, acessos, alterações e compartilhamentos de dados, compondo trilhas perenes tanto para EHRs quanto para processos de faturamento e cadeia de suprimentos. Em auditorias de EHR, a associação de blockchain a políticas de controle de acesso e modelos baseados em propósito (PBAC) aumenta a responsabilização dos agentes e a granularidade da verificação de conformidade (Tith et al., 2020; Ullah et al., 2024). Na logística farmacêutica, a visibilidade ponta-a-ponta em blockchain inibe falsificações, reforça a integridade da cadeia de frio e simplifica inspeções regulatórias (Musamih et al., 2021).

A redução de custos decorre de quatro frentes: (i) menor dependência de mão-de-obra em tarefas repetitivas, substituídas por automação verificável; (ii) simplificação de infraestrutura e menor necessidade de repositórios centralizados e reconciliações paralelas; (iii) menor gasto com licenças de módulos redundantes para trilhas de auditoria, dado que a própria cadeia cumpre esse papel; e (iv) auditorias externas mais enxutas, pois evidências completas e imutáveis estão prontamente disponíveis (Cheng; Chong; Xu, 2023; Musamih et al., 2021). Em contextos públicos como o SUS, isso sugere alívio orçamentário progressivo, sobretudo em áreas com alta litigiosidade e volumetria de contas.



No combate a fraudes e falhas, os estudos convergem que a imutabilidade e a auditabilidade em tempo quase real elevam a taxa de detecção e antecipam a descoberta de anomalias. A literatura aponta ganhos adicionais quando a trilha blockchain é combinada a modelos analíticos e de aprendizado de máquina para reconhecimento de padrões irregulares, com disparo de alertas e travas transacionais automáticas via contratos inteligentes (Mackey; Cuomo, 2020; Sethi; Singh; Sarangi, 2022). Isso é especialmente relevante em sinistros de alto valor, órteses e próteses, glosas recorrentes e duplicidades de cobrança.

Do ponto de vista regulatório e de privacidade, os resultados reforçam que arquiteturas permissionadas e arranjos off-chain (armazenando on-chain apenas *hashes*, carimbos de tempo e metadados) são a via preferencial para atender simultaneamente a LGPD e o GDPR e às necessidades de auditoria. Tais arranjos conciliam o “direito ao apagamento” com a exigência de trilha imutável (Roman-Martinez et al., 2023; Tith et al., 2020). Adicionalmente, identidade auto-soberana (DID) e credenciais verificáveis fortalecem o consentimento granular do paciente e simplificam auditorias de acesso (Harrell et al., 2022).

A interoperabilidade permanece como um desafio crítico. Os resultados sugerem adoção de padrões abertos, *gateways* e camadas de integração que conectem blockchain a sistemas legados de EHR, faturamento e regulação; quando bem implementadas, tais camadas reduzem silos, melhoram a completude das evidências de auditoria e mitigam latência operacional (Harrell et al., 2022; Meinert et al., 2019). Em redes permissionadas setoriais (p.ex., operadoras, hospitais, regulação), governança consorcial com regras claras de adesão, consenso e atualização de *smart contracts* é decisiva para a sustentabilidade do modelo (Mackey; Cuomo, 2020). No contexto brasileiro, essa questão é reconhecida como um ponto crítico para a gestão da saúde, exigindo esforços para a padronização e integração dos Sistemas de Informação em Saúde no âmbito do SUS (Costa et al., 2025).

No recorte econômico-operacional, os cenários analisados indicam que o *payback* tende a emergir pela queda de glosas evitáveis, menor tempo de ciclo de autorização e pagamento, enxugamento de horas técnicas de conferência e redução do custo de conformidade. Em ambientes de grande escala, as auditorias centralizadas, redes de prestadores e compras públicas, o efeito cumulativo da automação e da prova criptográfica de integridade amplifica os ganhos (Musamih et al., 2021).

Do ponto de vista clínico-assistencial e de segurança do paciente, a disponibilidade de trilhas robustas de decisão e execução favorece a aderência a protocolos, a investigação de eventos adversos e a governança de medicamentos de alto risco. Ao tornar auditáveis as transições de cuidado, a tecnologia viabiliza análises causais mais precisas e planos de melhoria sustentados por evidências verificáveis (Mackey; Cuomo, 2020).

Apesar dos avanços, os resultados também delimitam fronteiras: custos de transação e escalabilidade em *blockchains* públicas, carência de competências para desenvolvimento seguro de



smart contracts, e heterogeneidade regulatória entre jurisdições. Projetos-piloto com escopo incremental, auditorias de código, *threat modeling* e métricas *ex-ante/ex-post* (tempo de ciclo, taxa de glosa, custo por auditoria, *lead time* de detecção) emergem como estratégias de mitigação e de geração de evidência local (Musamih et al., 2021).

Em termos de implicações práticas, os achados sustentam um roteiro de adoção: (1) seleção de casos-uso com alto atrito auditivo (contas médicas complexas, consentimento e acesso a EHR, rastreabilidade de medicamentos); (2) desenho permissionado com *privacy-by-design* e *data minimization*; (3) contratos inteligentes com regras auditáveis e testes de segurança formais; (4) integração off-chain padronizada; e (5) governança interinstitucional com indicadores pactuados de valor (LGPD, disponibilidade, tempos de ciclo e economia obtida). Esse arranjo alinha a tecnologia aos objetivos de eficiência, transparência, rastreabilidade e redução de custos evidenciados na literatura analisada.

Quadro 4: Matriz de Análise Crítica dos Resultados sobre *Blockchain* na Saúde

Categoria	Aspectos Destacados	Referências
Temas Principais	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão e segurança de EHR, • Otimização da cadeia de abastecimento farmacêutica, • Combate a fraudes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Saeed, et al., 2022
Comparação com Literatura	<p>Corrobora com revisões:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestão de EHRs, • Segurança de dados e • Cadeia de abastecimento. • Diversidade de plataformas como Ethereum e <i>Hyperledger Fabric</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaafarani, Ismail, & Zahwe, 2024; • Musamih, et al., 2021 • Adamczyk, 2025
Lacunas identificadas	<p>Necessidade de mais estudos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementação em cenários reais, • Desafios de interoperabilidade, • Escalabilidade • Educação sobre <i>blockchain</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Meinert, et al., 2019; • Harrell, et al., 2022; • Till &Meara, 2017
Inconsistências	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de inconsistências significativas, mas: • Diferentes plataformas possuem vantagens e desvantagens específicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão geral
Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Otimismo cauteloso quanto ao potencial de <i>blockchain</i> na saúde, principalmente com desafios técnicos e regulatórios a serem superados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão geral

Fonte: Elaborado pelos autores

5 CONCLUSÃO

A adoção de tecnologias emergentes como a blockchain e os contratos inteligentes possui grande potencial para transformar a auditoria na gestão da saúde. Ao assegurar registros distribuídos, imutáveis e transparentes, tais ferramentas ampliam a eficiência dos processos, fortalecem a



rastreabilidade das informações e reduzem vulnerabilidades a fraudes e falhas. Além disso, a automação de verificações e fluxos por meio de contratos inteligentes contribui para a padronização das decisões e para a diminuição de custos operacionais, oferecendo soluções mais ágeis e confiáveis.

Os resultados evidenciam que essas tecnologias podem otimizar processos de auditoria em diferentes frentes, desde o faturamento e a conferência de contas até a gestão de consentimento de pacientes e a rastreabilidade da cadeia de suprimentos farmacêuticos. Contudo, persistem desafios importantes, como a necessidade de regulamentação específica, a superação de barreiras técnicas de interoperabilidade e a garantia de privacidade de dados sensíveis em conformidade com legislações como LGPD e GDPR.

Para que esse potencial seja plenamente alcançado, recomenda-se a realização de projetos-piloto, o desenvolvimento de padrões regulatórios e técnicos, bem como a capacitação de profissionais para utilização e gestão dessas ferramentas. Dessa forma, será possível avançar para modelos de auditoria mais confiáveis, ágeis e seguros, alinhados às demandas contemporâneas de um sistema de saúde eficiente e centrado no paciente.



REFERÊNCIAS

CHENG, Mengyuan; CHONG, Heap-Yih; XU, Yongshun. Blockchain-smart contracts for sustainable project performance: bibliometric and content analyses. *Environment, Development and Sustainability*, Dordrecht, v. 26, n. 4, p. 8159–8182, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03063-w>.

CNA7 NOTÍCIAS. Blockchain se destaca em soluções para governos digitais. *CNA7 Notícias*, 13 maio 2025. Disponível em: <https://www.cna7.com.br/noticia/44669/blockchain-se-destaca-em-solucoes-para-governos-digitais>. Acesso em: 22 set. 2025.

CONTADORES.CNT.BR. Blockchain e IA: como essa relação impulsiona o mundo jurídico. *Contadores CNT*, 16 maio 2024. Disponível em:

<https://www.contadores.cnt.br/noticias/artigos/2024/05/16/blockchain-e-ia-como-essa-relacao-impulsiona-o-mundo-juridico.html>. Acesso em: 22 set. 2025.

COSTA, Marcus Vinicius da Silva; CAMARGOS, Mirela Castro Santos; VIANA, Sônia Maria Nunes; MENDES, Ueliton Vieira de Souza. Avanços e desafios da interoperabilidade no Sistema Único de Saúde. *Journal of Health Informatics*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1–12, 2025. DOI: <https://doi.org/10.59681/2175-4411.v17.2025.1112>.

ETECHPT. 13 empresas de auditoria de contratos inteligentes mais bem avaliadas em 2023. *Etechpt*, 2023. Disponível em: <https://etechpt.com/13-empresas-de-auditoria-de-contratos-inteligentes-mais-bem-avaliadas-em-2023>. Acesso em: 22 set. 2025.

FUKUOKA, Danilo Marcos Leme; DE QUEIROZ SILVA, A.; DOS REIS, B. D.; DE ARAÚJO, D. G.; ELIAS, S. I. Os obstáculos ao uso da tecnologia blockchain e sua relação com as criptomoedas. *Revista Amor Mundi*, v. 4, n. 8, p. 27–36, 2023. Disponível em: <https://revistaamormundi.com.br>. Acesso em: 22 set. 2025.

GAO, Lixia. Enterprise internal audit data encryption based on blockchain technology. *PLOS ONE*, San Francisco, v. 20, n. 1, e0315759, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315759>.

HARRELL, Daniel Toshio. Technical design and development of a self-sovereign identity management platform for patient-centric healthcare using blockchain technology. *Blockchain in Healthcare Today*, 2022. Disponível em: <https://blockchainhealthcaretoday.com>. Acesso em: 22 set. 2025.

KAAFARANI, Rima; ISMAIL, Leila; ZAHWE, Oussama. Automatic recommender system of development platforms for smart contract-based health care insurance fraud detection solutions. *Journal of Medical Internet Research*, Toronto, v. 26, e50730, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2196/50730>.

MA, Liangxiao; LIAO, Yong; FAN, Hao; ZHENG, Xin; ZHAO, Jun; XIAO, Zhen; XIONG, Yuxuan. PHDMF: a flexible and scalable personal health data management framework based on blockchain technology. *Frontiers in Genetics*, Lausanne, v. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.858357>.

MACKEY, Tim K.; CUOMO, Raphael E. An interdisciplinary review of digital technologies to facilitate anti-corruption, transparency and accountability in medicines procurement. *Global Health Action*, Londres, v. 13, supl. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/16549716.2020.1695241>.

MACKEY, Tim K.; MIYACHI, Kosuke; FUNG, Daniel; QIAN, Shun; SHORT, Jonathan. Combating health care fraud and abuse: conceptualization and prototyping study of a blockchain antifraud framework. *Journal of Medical Internet Research*, Toronto, v. 22, n. 9, e18623, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2196/18623>.



MEINERT, Edward. Blockchain implementation in health care: protocol for a systematic review. *JMIR Research Protocols*, Toronto, v. 8, n. 2, e10994, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2196/10994>.

MIGALHAS. A revolução jurídica impulsionada pela blockchain. *Migalhas*, 24 set. 2024. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/415843/a-revolucao-juridica-impulsionada-pela-blockchain>. Acesso em: 22 set. 2025.

MUSAMIH, Ahmad; SALAH, Khaled; JAYARAMAN, Rajesh; ARSHAD, Junaid; DEBE, Mouza; AL-HAMMADI, Yousof; ELLAHHAM, Samer. A blockchain-based approach for drug traceability in healthcare supply chain. *IEEE Access*, New York, v. 9, p. 9728–9743, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3052100>.

RIZZARDI, Alessandra; SICARI, Sabrina; COEN-PORISINI, Alberto. IoT-driven blockchain to manage the healthcare supply chain and protect medical records. *Future Generation Computer Systems*, Amsterdam, v. 161, p. 415–431, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.03.019>.

ROMAN-MARTINEZ, Isabel; FERNANDEZ-ALEMAN, Jose Luis; TOVAR, Manuel. Blockchain-based service-oriented architecture for consent management, access control, and auditing. *IEEE Access*, New York, v. 11, p. 12727–12741, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3240942>.

SETHI, Bijaya Kumar; SINGH, Debabrata; SARANGI, Prakash Kumar. Medical insurance fraud detection based on blockchain and deep learning approach. In: *IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE*. IEEE, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCMC53470.2022.9754011>.

TITH, Dara; LEE, Jae Sung; SUZUKI, Hiroshi; WIJESUNDARA, W. M. A. B.; TAIRA, Nobuyuki; OBI, Takashi; OHYAMA, Naoki. Patient consent management by a purpose-based consent model for electronic health record based on blockchain technology. *Healthcare Informatics Research*, Seul, v. 26, n. 4, p. 265–273, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4258/hir.2020.26.4.265>.

ULLAH, Faheem; HE, Jian; ZHU, Ning; WAJAHAT, Ali; NAZIR, Ahsan; QURESHI, Salman; DEV, Saurabh. Blockchain-enabled EHR access auditing: enhancing healthcare data security. *Heliyon*, Londres, v. 10, n. 16, e34407, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34407>.

ZHUANG, Yan; CHEN, Yi Wen; SHAE, Zhe Yi; SHYU, Chi-Ren. Generalizable layered blockchain architecture for healthcare applications. *Journal of Medical Internet Research*, Toronto, v. 22, n. 7, e19029, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2196/19029>.

