

Acesso e Compartilhamento de Dados de Saúde em Blockchain

Talita C. Pinheiro*, **Jessica M. C. Oliveira ***
João V. F. Guedes*, **Mario R. L. Oliveira ***
Jonathas T. Neves*, **Carlos A. M. Cruz***

** Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM, ZIP 69080-900*

Brazil (e-mails: agolemar@gmail.com, joao.guedes@icomp.ufam.edu.br, jsk.mariella@gmail.com, mario_ruben14@hotmail.com, jonathastn@gmail.com, carlosamcruz@ufam.edu.br).

Abstract: The health sector has confidential information, and professionals in the area need technologies for recording patient data that offer security in the interaction with Electronic Health Records (EHR). Considering the recent advances in the health sector with the Internet of Medical Things, the introduction of wearable devices and, more recently, ingestibles, data management is necessary for unauthorized persons to see or change them. There is also the problem of interoperability of medical data between all health institutions. Blockchain is a revolution in the healthcare industry and benefits from features such as data privacy and transparency and promises to solve the interoperability of these data. To control the information generated by various medical devices and the various health data from different sources, such as imaging tests, laboratory tests, etc., we propose the use of Smart Contracts based on Blockchain for secure data access and sharing. The system will use the sCrypt development platform, a framework for the development of blockchain applications based on the Bitcoin Satoshi Vision (BSV) protocol with the creation of Smart Contracts (Smart Contracts) in the Typescript programming language. An application that will record and store all events on the blockchain, with an immutable history and global access to medical information from anywhere at any time.

Resumo: O setor da saúde possui informações sigilosas, e os profissionais da área necessitam de tecnologias para o registro de dados do paciente que ofereçam segurança na interação com os Registros Médicos Eletrônicos (EHR). Considerando os avanços recentes no setor da saúde com Internet das Coisas Médicas, a introdução de dispositivos vestíveis (wearables) e, mais recentemente, os ingeríveis, um gerenciamento para dados se faz necessário a fim de que pessoas não autorizadas acessem ou os alterem. Surge também o problema da interoperabilidade dos dados médicos entre todas as instituições de saúde. Blockchain é uma revolução na indústria da saúde e se beneficia de recursos, como privacidade e transparência de dados e promete resolver a interoperabilidade desses dados. Para controlar as informações geradas por diversos dispositivos médicos e os variados dados de saúde com diferentes origens, como exames de imagem, testes laboratoriais etc., propõe-se a utilização de Contratos Inteligentes baseados em Blockchain para acesso e compartilhamento seguro de dados. O sistema utilizará a plataforma de desenvolvimento sCrypt, uma estrutura para o desenvolvimento de aplicações em blockchain baseado no protocolo Bitcoin Satoshi Vision (BSV) com a criação de Contratos Inteligentes (Smart Contracts) na linguagem de programação Typescript. Uma aplicação que registrará e armazenará todos os eventos na blockchain, com um histórico imutável e com acesso global das informações médicas de qualquer lugar a qualquer momento.

Keywords: Blockchain; Healthcare Management; Smart Contracts; Electronic Health Records (EHR); Internet of Medical (Things IoMT).

Palavras-chaves: Blockchain; Assistência Médica; Contratos Inteligentes; Registros Eletrônicos de Saúde (EHR); Internet das Coisas Médicas.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o advento da informação digital vem desencadeando a geração de enorme volume de dados e sendo utilizados em diversos setores de atividade humana. Isso se deve ao desenvolvimento de novas técnicas de análises e transferência de dados. Esse processo teve impacto significativo no comportamento social e na melhoria da

qualidade de vida das pessoas. Um reflexo disso, é visto no setor da saúde a qual vem sofrendo uma transição para o mundo digital, permitindo com isso o compartilhamento de dados médicos. Esse passo é fundamental para tornar os sistemas de saúde mais ágeis, inteligentes e melhorar a qualidade dos serviços fornecidos (Vitor, 2020). Dados de saúde com diferentes origens, como registros clínicos, exames de imagem, testes laboratoriais, dados provenientes de

Wearables, como pressão arterial, frequência cardíaca são produzidos de forma massiva e surgem com esse advento o problema da interoperabilidade dos dados médicos entre as instituições de saúde. Também surgem preocupações sobre a transmissão eficiente e segura dos dados médicos, pois os dados de saúde são alvo lucrativo para hackers, e há uma forte motivação na regulamentação governamental para proteger a transmissão de informações de saúde.

Pessoas internas ao sistema, como profissionais de saúde, suporte técnico, provedores de serviços e pessoas de fora do sistema, ameaçam a segurança e integridade das informações, podendo obter acesso não autorizado a dados confidenciais, resultando na alteração de informações do paciente e até causando sua morte. Por exemplo, uma pessoa mal-intencionada com acesso não autorizado pode usar esses dados para descobrir localização ou se o paciente possui alguma doença, a sua rotina de cuidados e tratamentos. A invasão nos canais de comunicação, a interceptação, códigos maliciosos incorporados ao canal são alguns exemplos de perigos a segurança desses dados (Ashraf et al., 2018).

Assim, a privacidade do paciente deve ser preservada, mas os dados nos Registros Médicos Eletrônicos (EHRs) devem ser facilmente gerenciáveis e transferíveis (Griggs et al., 2018). A privacidade desses dados é de extrema importância, e para segurança do paciente deve-se garantir que somente pessoas autorizadas tenham acesso. A solução para armazenamento e permissão de acesso a dados sensíveis no setor da saúde garantindo privacidade e segurança, é proposta através da tecnologia Blockchain (Morsch, 2022). Em vista da pouca capacidade de comunicação de instituições de saúde, principalmente em lugares remotos, é um entrave à formulação de sistemas robustos que assistam os profissionais de saúde na prática clínica diária (Vítor, 2020).

Dessa forma, este trabalho propõe a criação de Contratos Inteligentes (Smart Contracts) com a Tecnologia Blockchain na Rede BSV (Bitcoin Satoshi Vision,), para armazenamento, acesso e compartilhamento de dados médicos do pacientes de forma a automatizar o acesso a registros médicos, garantindo confiabilidade através de uma rede imutável e descentralizada. Os contratos inteligentes serão desenvolvidos utilizando a plataforma sCrypt, fazendo uso da linguagem typescript.

Este trabalho é dividido nas seguintes partes. A Seção 2 descreve o acesso e compartilhamento de registros médicos, com suas potencialidades e limitações descritas na subseção 2.1 descrevendo a Blockchain na saúde médica. A subseção 2.2 descreve uma introdução a Blockchain BSV e Smart Contracts. A subseção 2.3 demonstra o funcionamento da blockchain. A seção 3, um framework do sistema proposto, e uma descrição das camadas do sistema na subseção 3.1. A subseção 3.2 apresenta uma visão geral da arquitetura da camada de implementação para o sistema com seus diferentes componentes. A Seção 4 apresenta a conclusão e avaliamos como essa solução deve ser direcionada para a melhoria do acesso aos dados para fins médicos.

2. SISTEMA DE ACESSO E COMPARTILHAMENTO DE REGISTROS MÉDICOS

2.1 Blockchain na Saúde Médica: Potencialidades e Desafios

O Blockchain tem o potencial de transformar a maneira como os registros médicos são armazenados, acessados e compartilhados. Como mostra na Figura 1, essa tecnologia oferece diversas oportunidades para a saúde inteligente (Cheikhrouhou et al., 2023). Oferece um prontuário eletrônico seguro; Unifica todas as informações do paciente em um só lugar; Armazena e compartilha dados, inclusive sobre pesquisas e testes clínicos; Credencia médicos e profissionais da saúde em uma única plataforma (Morsch, 2022). E, a interoperabilidade abrangerá todos os domínios da assistência médica, como os hospitais, as clínicas, farmácias, laboratórios, centros de diagnósticos por imagens, não se limitando a regiões geopolíticas. Os dados médicos serão instantaneamente acessados pelos usuários autorizados, tanto os pacientes quanto os profissionais de saúde sem limitações geográficas (Chan, 2018; Singh et al., 2023).

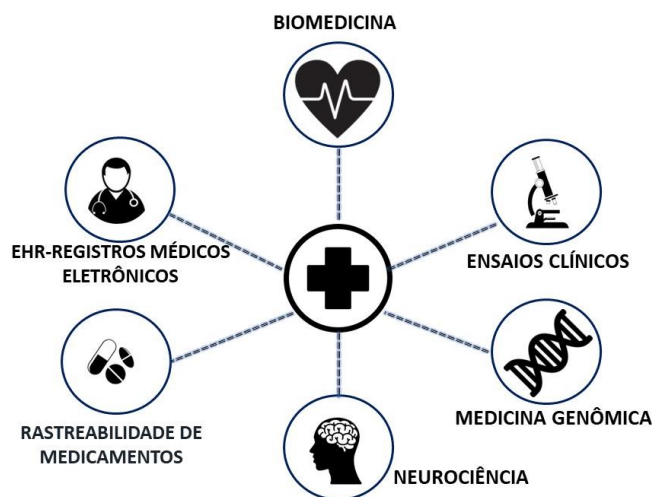


Fig. 1 Aplicações da blockchain na saúde médica. Fonte: (Jamil et al., 2020)

A implementação da tecnologia blockchain na área da saúde é, de fato, uma iniciativa que exige um bom entendimento técnico, e envolve mudanças culturais e organizacionais. Programas de formação e sensibilização são essenciais para facilitar a adoção gradual e bem-sucedida dessa tecnologia. Sugestões de programas para facilitar a adoção da tecnologia blockchain na área da saúde incluem:

Realizar eventos que reúnam especialistas em saúde e na tecnologia para explicar os conceitos fundamentais, discutir avanços recentes e explorar possíveis colaborações; Criar cursos, tanto online como presenciais, para abordar detalhes técnicos da tecnologia; Desenvolver casos práticos, demonstrando como a blockchain pode ser aplicada para resolver questões como o compartilhamento seguro de registros médicos, experimentando a criação de transações e contratos inteligentes em plataformas simuladas, estabelecendo assim uma conexão entre os profissionais de saúde e especialistas em blockchain.

A aplicabilidade dos Contratos Inteligentes para compartilhar informações médicas é uma questão complexa, como discutido por pesquisadores do Harvard Law School Forum on Corporate Governance. A interoperabilidade na área da saúde engloba vários setores, transcendendo barreiras geográficas. Apesar da aspiração de atingir total interoperabilidade dos dados de saúde, desafios regulatórios surgem, com leis sobre armazenamento, privacidade e acesso a registros eletrônicos em saúde variando entre diferentes níveis de governo e países. Violações dessas leis podem acarretar severas penalizações (Kennedy, 2023).

Tecnologias Blockchain na saúde devem aderir a padrões regulatórios e leis de privacidade, incluindo o HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability). No entanto, a carência de regulamentação adequada para tecnologias avançadas nos EUA, por exemplo, representa um desafio, como discutido por especialistas em um artigo de 2019 no Journal of Network and Computer Applications. Relatórios da OCDE (Organization for Economic Cooperation and Development) indicam que muitas pesquisas em blockchain na saúde permanecem teóricas, com poucos detalhes práticos. Protótipos e implementações nacionais são raros. Para impulsionar essa tecnologia, a OCDE sugere implementações em casos adequados, combinando-a com outras tecnologias em um ecossistema de informações de saúde bem regulado. Avaliar aplicações potenciais do blockchain pode ser feita através de parâmetros definidos na Recomendação do Conselho da OCDE sobre Governança de Dados de Saúde: adequação tecnológica, conformidade legal, adoção gradual e planejamento de treinamento e comunicação.

Com a evolução promissora da tecnologia aplicada a saúde, a rede deve processar todas as transações que acontecem e isso requer um aumento constante do poder computacional surgindo o maior desafio ao potencial inovador da interoperabilidade, a escalabilidade. Além do próprio aumento do poder computacional que acarreta processamentos mais lentos e maior consumo de energia. Para esse último desafio, algumas soluções: Explorar algoritmos de consenso alternativos mais eficientes ou algoritmos híbridos, pode ser uma maneira de reduzir os requisitos de energia e processamento; A implementação de soluções com camadas secundárias permitindo que a maioria das transações ocorra fora da cadeia principal; Investir em hardware especializado, como chips de mineração mais eficientes ou placas gráficas otimizadas para cálculos, pode melhorar a eficiência do processamento também.

2.2 Blockchain BSV e Smart Contracts

Um contrato inteligente, em seu sentido mais básico, é um programa de computador autoexecutável em uma blockchain. São projetados para executar automaticamente ações específicas quando condições predefinidas são atendidas. Eles são transparentes, imutáveis e confiáveis, o que os torna úteis para uma variedade de aplicações, incluindo a garantia de acesso seguro aos dados e a prevenção de vazamento e acesso não autorizado (Morsch, 2022).

Os contratos inteligentes usados para implementar sistemas de autenticação e autorização em uma maneira transparente e automatizada garante que apenas partes autorizadas possam acessar os dados ou executar ações específicas. O controle de acesso pode ser configurado para permitir apenas que determinados usuários acessem os dados. O gerenciamento de permissões pode ser programado para permitir diferentes níveis de acesso com base nas permissões atribuídas a cada usuário, garantindo que apenas as pessoas certas possam executar certas operações.

Embora a blockchain como estrutura de compartilhamento de dados seja uma das redes mais seguras, não está imune a ataques cibernéticos e violações de dados. Por exemplo, o hash não é suficiente para impedir totalmente a adulteração, de acordo com o Programa de Segurança Cibernética do Departamento de Saúde e Serviços Humanos (HHS) dos Estados Unidos. Para aumentar a segurança os dados podem ser criptografados antes de serem armazenados em um contrato inteligente. Apenas as partes com as chaves de criptografia corretas poderão acessar e entender os dados.

Com a interoperabilidade como potencial da tecnologia, esperasse o aumento do armazenamento e processamento de grande volume de dados de saúde, todavia o desafio da escalabilidade para a rede já apresenta soluções favoráveis.

O Bitcoin SV (BSV), uma derivação do Bitcoin Cash (BCH), que por sua vez se originou a partir do Bitcoin (BTC) tem a escalabilidade como crucial para as redes blockchain. A rede BSV se concentra em aumentar a capacidade de processamento para possibilitar transações de baixo custo em larga escala. Para melhorar a escalabilidade, o BSV introduziu diversas modificações e aprimoramentos em relação ao protocolo original do Bitcoin. Aumentou significativamente o limite de tamanho de bloco em comparação com o Bitcoin, que possui um limite de cerca de 2 MB. Isso resultou na capacidade de incluir um maior número de transações em cada bloco. Em 8 de agosto de 2023, o blockchain BSV alcançou um novo recorde mundial ao processar 128,691 milhões de transações em um período de 24 horas, demonstrando a viabilidade de escalar o protocolo Bitcoin original para processar uma quantidade considerável de transações on-chain (Lucas, 2023).

Além disso, o BSV implementou um algoritmo de ajuste de dificuldade mais flexível, permitindo que a rede se adapte mais rapidamente às mudanças na taxa de hash, ajudando a manter os tempos de confirmação mais estáveis, mesmo em condições de alta variação de poder de processamento; Além de simples transações, o BSV também busca suportar aplicativos e contratos inteligentes mais complexos que requerem mais espaço de dados nos blocos; Houve remoção de limites que foram impostos no BTC e no BCH para restringir o número de transações por bloco e a frequência com que os blocos eram minerados, remoção que permite uma maior flexibilidade na capacidade da rede; O BSV se concentra em atender às necessidades de empresas e setores específicos que requerem uma rede escalável e eficiente. O fundador do Ayre Group e CoinGeek, Calvin Ayre, destaca que a importância do escalonamento, dá às empresas confiança para desenvolver na

BSV, levando a mais transações e incentivando os mineradores a se concentrarem no BSV, criando uma rede mais forte e consequentemente mais escalável (Lucas, 2023).

Desde o surgimento da blockchain em 2008, destacou-se a Ethereum, responsável por reacender a idéia de Smart Contracts. Com o advento de novas ferramentas para o desenvolvimento de aplicativos na Rede Bitcoin, a Bitcoin BSV começa a despontar com opção de plataforma para criação de Smarts Contracts mais complexos. Os objetivos gerais dos Smart Contracts são satisfazer condições contratuais comuns, minimizar execuções maliciosas e a necessidade de autoridades intermediárias.

2.3 Funcionamento da Blockchain

Uma característica da blockchain é sua capacidade de realizar transações sem a necessidade de um terceiro de confiança, isso é possível com o uso de Nós. No mais simples nível, cada nó em uma rede contém algum nível de acesso a todas as informações contidas na rede (Ukanah et al., 2020).

Na rede há dois tipos básicos de registros: blocos e transações. Cada nó da rede tem um par de chaves privadas e públicas que são usadas na transação. Quando uma transação é criada, ela contém a chave pública do usuário que a criou, a chave pública do receptor da transação e a mensagem da transação. Quando tudo é agrupado e assinado criptograficamente usando a chave privada do usuário e transmitida para os outros nós na rede, o usuário propôs uma transação. São chamados de mineradores os nós individuais da rede que garantem a legitimidade da transação proposta e o processo de criação de blocos é chamado de mineração (Ukanah et al., 2020; Chan, 2018).

Transações validadas por mineradores são incluídos em um bloco, após um período (ou bloco) de tempo em que esses blocos estão vinculados (ou encadeados) a blocos anteriores, cria-se o bloco de cadeias chamado blockchain. O bloco de cadeias é replicada entre todos os nós na rede, de modo que cada nó contém um banco de dados idêntico de todas as transações na rede (Chan, 2018; Fialho, 2021).

Cada bloco é identificável por um hash, usando o algoritmo de hash criptográfico SHA256 no cabeçalho do bloco. Cada bloco faz referência a um bloco anterior. O bloco inicial chamado de gênese, registra o estado inicial e é o único que não possui em seu cabeçalho o Hash do bloco anterior, este bloco é seguido pelos blocos subsequentes em que a partir deste, todos terão o cabeçalho completo, como pode ser visto na figura 2. Este encadeamento garante a integridade da informação, tornando impossível alterar blocos anteriores sem alterar todos os blocos seguintes. Uma vez que uma transação é adicionada, ela não pode ser alterada. Para atualizar um registro, um novo registro deve ser criado, portanto, funciona como um livro-razão e imutável. Os blocos de encadeamento também garantem transações marcados com o tempo, criando assim uma trilha de auditoria (Chan, 2018; Ukanah et al., 2020).

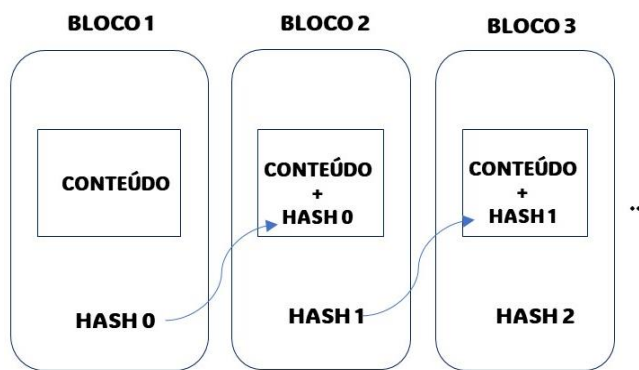


Fig. 2 Exemplo simplificado de como os blocos são encadeados para formar uma blockchain.

3. FRAMEWORK DO SISTEMA PROPOSTO

Informações armazenadas na rede podem estar universalmente disponíveis para um indivíduo específico por meio dos Smart Contracts, permitindo que os pacientes compartilhem suas informações com organizações de saúde com muito mais facilidade. Na figura 3 demonstra-se os componentes políticos e técnicos críticos necessários para a uma interoperabilidade nacional.

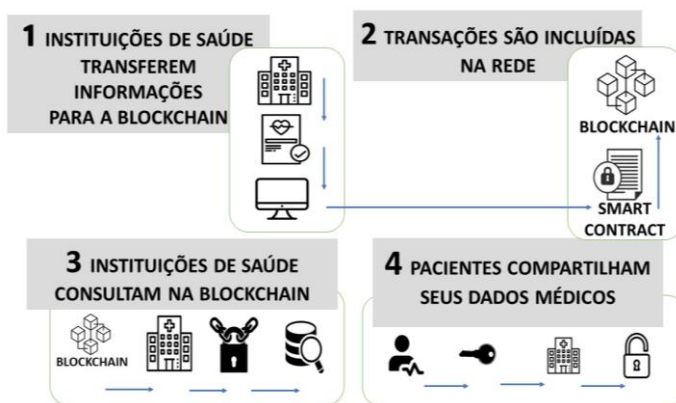


Fig. 3: Framework do sistema proposto.

A estrutura de uma rede blockchain médica como na Figura 3, é descrita em: (1) Infraestrutura de rede médica que possui os dados de registros médicos (2) Identidade e autenticação dos usuários (paciente ou pessoa autorizada), incluindo autorizações prévias (3) pedido para acessar informações eletrônicas de saúde (4) Desbloqueio e acesso aos registros (Krawiec, 2023). No entanto, a tecnologia enfrenta limitações relacionadas com a segurança, a privacidade e a interoperabilidade total do ecossistema. Falta uma articulação completa dos padrões e arquiteturas que permitam transferência segura de informações sensíveis ao Sistema. A seguir descreve-se a framework com as camadas, proporcionando criar um ecossistema a atingir metas de interoperabilidade no setor da saúde médica.

3.1 Camadas do Sistema

Esta seção fornece uma visão da arquitetura do sistema proposto. Possui uma arquitetura de três camadas e as diferentes comunicações entre os componentes é mostrado na Figura 4. As camadas são: camada de usuário, camada de implementação e camada de armazenamento de dados

Camada do usuário: podendo ser composta por nós de sensores vestíveis e dispositivos médicos IoMT, prontuário eletrônico, exames de imagens (radiologia, ressonâncias, ultrassonografias e tomografias). Essa camada verifica a identidade do usuário (paciente ou pessoa autorizada).

Camada de armazenamento de dados: A rede blockchain armazenará os dados relacionados à saúde, como leituras de sensores IoMT, resultados de testes de laboratório, prescrições médicas, exames de imagem e outros.

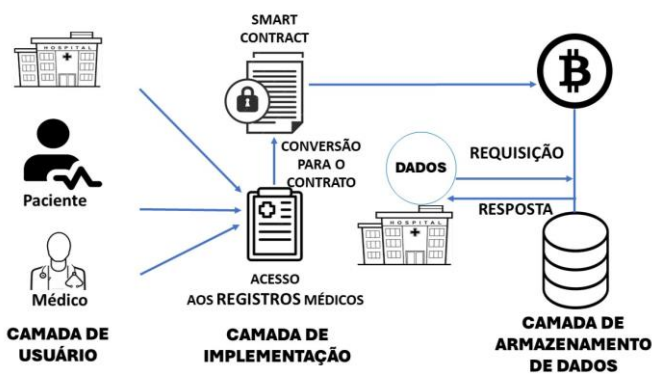


Fig. 4 Camadas da framework proposta.

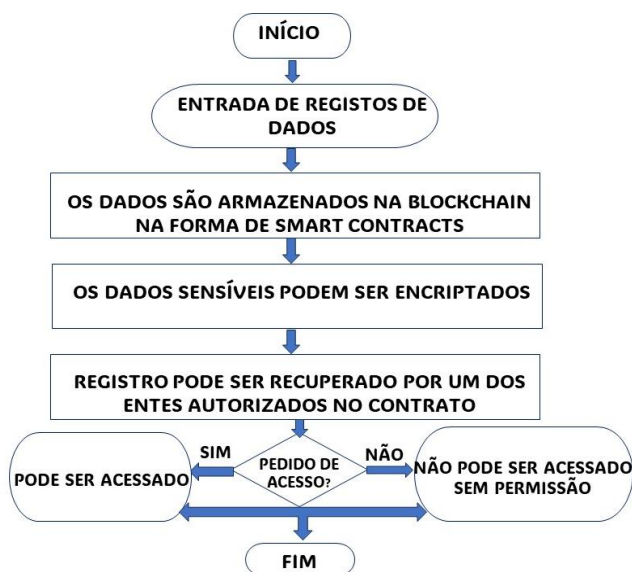


Fig. 5 Acesso a registros mediante contratos inteligentes.

Camada de implementação: O sistema por meio de contratos inteligentes - que são executados automaticamente quando as condições são atendidas - verificada a identidade do usuário e

atendida as condições, desbloqueia o acesso das informações requisitadas. Na Figura 5, temos o processo de acesso das informações armazenadas mediante a satisfação das condições estabelecidas no contrato.

3.2 Arquitetura da Camada de Implementação

A implementação requer a seleção de um protocolo – a tecnologia subjacente e a estrutura que orienta o desenvolvimento da aplicação. A escolha do protocolo é importante, pois influenciará na gama de aplicações possíveis e no número de usuários que participam da rede. Neste trabalho foi escolhida a rede BSV do Bitcoin e a plataforma de desenvolvimento sCrypt.

A Ethereum se destaca como uma das plataformas blockchain pioneiras e amplamente adotadas, utilizando a linguagem de programação Solidity, a qual foi desenvolvida especificamente para a criação de contratos inteligentes. No entanto, ao compararmos Solidity/Ethereum com outras plataformas blockchain, como sCrypt, é fundamental compreender que cada uma possui suas próprias vantagens e características distintas. A linguagem sCrypt desponta como a opção mais viável para a criação de contratos complexos, escrita de contratos de alto nível sem a necessidade de programação em linguagem de máquina. A plataforma sCrypt se destaca como a mais estabelecida dentro da rede bitcoin, demonstrando notável escalabilidade e oferecendo amplo espaço para a implementação de diversas aplicações.

A plataforma de desenvolvimento sCrypt, criada para desenvolvedores Web3 na criação de aplicativos com tecnologia blockchain na rede BSV é uma plataforma de desenvolvimento a fim de facilitar a interação entre o protocolo básico do Bitcoin e os desenvolvedores de aplicações, fornecendo assim uma camada de implementação.

Nesse contexto, o presente trabalho cria Contratos Inteligentes (Smart Contracts) com a Tecnologia Blockchain na Rede BSV, para armazenamento, acesso e compartilhamento de dados médicos de pacientes, a fim de automatizar o acesso a registros médicos desses, garantindo confiabilidade através de uma rede imutável e descentralizada. Os contratos inteligentes sCrypt utilizam a plataforma como interface para o usuário, fazendo uso do Visual Studio e como linguagem de programação o typescript/javascript.

A maioria das pessoas tem acesso a apenas uma parte de seu histórico de saúde, mas a blockchain pode ajudar a reunir uma vida inteira de transações de vários sistemas de saúde. Essas informações podem ser processadas em informações legíveis para uso do próprio paciente. Links para informações detalhadas sobre procedimentos, consultas, diagnósticos e prescrições podem ser adicionados ao longo do tempo, e o acesso a essas informações podem ser gerenciadas pelo paciente ou por pessoas autorizadas (Reh, 2018).

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta como principal vantagem do uso da blockchain na saúde, a segurança de dados que se mostra superior a outros sistemas. A tecnologia blockchain tem o potencial de transformar a maneira como os registros médicos são armazenados, acessados e compartilhados. Oferece uma plataforma de contratos inteligentes para identificação do paciente, rastreamento dos dados e concessão de permissão de acesso aos dados médicos. Demonstra alto desempenho para questões de interoperabilidade e garante a privacidade dos dados do paciente e a segurança do sistema. No entanto, ainda existem muitos desafios técnicos e regulatórios que precisam ser resolvidos. Outro desafio associado às aplicações, é a necessidade de uma conexão de internet estável e de alta velocidade que garanta o desempenho do sistema. A escalabilidade desponta como a principal linha de aprimoramento em busca de solucionar os desafios presentes. E, quanto aos contratos inteligentes, por si só não são suficientes para criar aplicações. Ainda há uma lacuna entre um contrato inteligente e uma aplicação totalmente funcional com o qual os usuários possam interagir.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) pelo apoio em suas pesquisas. Este trabalho foi financiado pela Fundação de Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM no âmbito do programa POSGRAD EDITAL N 008/2021. Agradecemos imensamente a CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

REFERÊNCIAS

- Ashraf, M.; Stranieri, A.; Gondal, I.; Balasubramanian, V. Continuous Patient Monitoring With a Patient Centric Agent: A Block Architecture. *IEEE* 2018, 6, 32700 - 32726.
- Blockchain-e-Interoperabilidade-na-Saúde. Junho 08, 2023. <https://interopera.esy.es/wpcontent/uploads/2018/07/Blockchain-e-Interoperabilidade-na-Saúde.pdf>
- Chan, Ronald. Blockchain data structure, 2018. Abril 22, 2023. <https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-data-structure-ronald-chan>
- Cheikhrouhou, O.; Mershad, K.; Jamil, F.; Mahmud, R.; Koubaa, A.; Rahimi, S. A lightweight blockchain and fog-enabled secure remote patient monitoring system. *Elsevier Internet Things* 2023, 22, 100691.
- Fialho, André. O Que é Bitcoin SV (BSV) e as Diferenças dos Demais “Bitcoins”, 2021. Junho 09, 2023. <https://comoinvestir.thecap.com.br/o-que-e-bitcoin-sv-bsv-e-as-diferencas-dos-demais-bitcoins>
- Griggs, K.; Ossipova, O.; Kohlios, C.; Baccarini, A.; Howson, E.; Hayajneh, T. Healthcare Blockchain System Using Smart Contracts for Secure Automated Remote Patient Monitoring. *J. Med. Syst.* 2018, 2.
- Jamil, F.; Ahmad, S.; Iqbal, N.; Kim, D-H. Towards a Remote Monitoring of Patient Vital Signs Based on IoT-Based Blockchain Integrity Management Platforms in Smart Hospitals. *Sensors* 2020, 20 (8), 2195.
- Kennedy, Shania. Explaining the Basics of Blockchain Technology in Healthcare. Agosto 13, 2023. <https://healthitanalytics.com/features/explaining-the-basics-of-blockchain-technology-in-healthcare>
- Krawiec, Rj. Blockchain: Opportunities for Health Care, 2016. Maio 15, 2023. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/publicsector/articles/blockchain-opportunities-for-health-care.html>
- Liu, Xiaohui. Introducing the sCrypt development platform on Bitcoin, 2023. Junho 10, 2023. <https://xiaohuilu.medium.com/introducing-the-scrypt-development-platform-on-bitcoin-4c5bcfa04b88>
- Lucas, Gavin. BSV blockchain sets new world record with 128M transactions in 24 hours. Agosto 13, 2023. <https://coingeek.com/bsv-blockchain-sets-a-new-world-record-with-128m-transactions-in-24-hours/>
- Morsch, José . Blockchain na saúde: o que é, para que serve e exemplos de uso, 2022. Junho 07, 2023. <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/blockchain-na-saude>
- Reh, Greg. Beyond bitcoin: Five possible uses for blockchain in health care. Junho 11, 2023. <https://www2.deloitte.com/us/en/blog/health-care-blog/2018/health-care-current-april3-2018.html>
- Singh, S.; Gupta, S; Indu. MedEHR – Electronic health Record using Blockchain. In *Proceedings of the 2023 IEEE International Conference on Computational Intelligence, Communication Technology and Networking (CICTN)*, Ghaziabad, India, 20–21 Abril 2023.
- Ukanah, O.; Obimbo, C. Blockchain Application in Healthcare. In *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, Las Vegas, NV, USA, 16–18 Dezembro 2020.
- Vítor, L. (2020) Saúde Digital: a Interoperabilidade e a Tecnologia Blockchain, Dissertação de mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã.