



### **Proposta para Grupo de Trabalho**

PGCDSIB - Plataforma de Gerenciamento e Compartilhamento de Dados de Saúde Individual em Blockchain

Carlos Augusto de Moraes Cruz

24/07/2024

## **1. Título**

PGCDSIB - Plataforma de Gerenciamento e Compartilhamento de Dados de Saúde Individual em Blockchain

## **2. Coordenador Acadêmico**

Coordenador Acadêmico: Carlos Augusto de Moraes Cruz

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4703865680016516>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/carlos-augusto-de-moraes-cruz-7364a437/>

Researcher Gate: <https://www.researchgate.net/profile/Carlos-De-Moraes-Cruz>

e-mail: [carlosamcruz@ufam.edu.br](mailto:carlosamcruz@ufam.edu.br)

WhatsApp / Fone / Celular: (92) 98805-0245

## **3. Equipe de Colaboradores**

nome completo: Talita Cavalcante Pinheiro

instituição: Universidade Federal do Amazonas

URL do currículo Lattes atualizado: <http://lattes.cnpq.br/0807532319427742>

e-mail de contato: [talita.agole@gmail.com](mailto:talita.agole@gmail.com)

nome completo: Mario Ruben Lima de Oliveira

instituição: Universidade Federal do Amazonas

URL do currículo Lattes atualizado: <http://lattes.cnpq.br/0962672305508249>

e-mail de contato: [mario\\_ruben14@hotmail.com](mailto:mario_ruben14@hotmail.com)

nome completo: David Sotto Mayor Maciel Fernandes

instituição: Universidade Federal do Amazonas

URL do currículo Lattes atualizado: <https://lattes.cnpq.br/8829331961550772>

e-mail de contato: [ddsmmf@gmail.com](mailto:ddsmmf@gmail.com)

nome completo: Andeivaldo da Encarnação Vitorio

instituição: Universidade Federal do Amazonas

URL do currículo Lattes atualizado: <http://lattes.cnpq.br/4551352187711468>

e-mail de contato: andeivaldo.vitorio@icomp.ufam.edu.br

nome completo: Poliana Cavalcante Tomé

instituição: Universidade Federal do Amazonas

URL do currículo Lattes atualizado: <http://lattes.cnpq.br/2588928235800615>

e-mail de contato: polianatome7@gmail.com

nome completo: Vinicius de Sousa Menezes

instituição: Universidade Federal do Amazonas

URL do currículo Lattes atualizado: <http://lattes.cnpq.br/0770338927211882>

e-mail de contato: vinicius.souza.menezes@gmail.com

nome completo: Brenda Ananda de Souza Rodrigues

instituição: Universidade Federal do Amazonas

URL do currículo Lattes atualizado: <http://lattes.cnpq.br/4524934617807949>

e-mail de contato: brenda.ananda@gmail.com

#### **4. Tópicos de Interesse**

Tokens Não Fungíveis (NFTs);

Interoperabilidade entre Blockchains;

Acessibilidade a Blockchains e melhorias na facilidade de uso;

Segurança e Privacidade em Blockchains;

Automação e operação de redes blockchain;

#### **5. Parcerias e respectivas contrapartidas (Não obrigatório)**

Estaremos trabalhando em parceria com equipes de pesquisadores do Hospital Universitário Getúlio Vargas (HUGV), que contribuirão com sua expertise e consultoria em questões relacionadas a dados médicos sensíveis de pacientes. Além disso, eles

forneecerão orientação sobre diversos aspectos críticos do protótipo da plataforma a ser desenvolvida, assegurando que atenda aos requisitos e padrões da área médica.

## **6. Descrição da Proposta**

### **6.1. Sumário Executivo**

Este projeto visa desenvolver um protótipo de uma plataforma unificada que permita aos pacientes manter e gerenciar um histórico completo e imutável de seus dados de saúde ao longo de toda a vida [1] – [2]. A plataforma será projetada para garantir a privacidade e a segurança dos dados, possibilitando que os pacientes compartilhem essas informações com profissionais de saúde e hospitais conforme necessário.

A motivação para o desenvolvimento deste projeto surge da necessidade crescente de soluções seguras e eficientes para o gerenciamento de dados de saúde [1] – [10]. No sistema de saúde atual, os pacientes enfrentam desafios significativos ao tentar manter um histórico médico completo e acessível. Muitas vezes, as informações estão dispersas em diferentes instituições, o que dificulta o acesso rápido e preciso aos dados, especialmente em situações de emergência.

O principal benefício deste projeto para o usuário final é a manutenção de histórico de dados de saúde mais completo uma plataforma única de forma privada e segura, com utilização duas arquiteturas de redes blockchains para garantir a integridade e imutabilidade dos dados [1] – [10]. No contexto tecnológico estrutural de blockchain o principal benefício deste projeto será o aprendizado relacionado a interoperabilidade entre blockchains de arquiteturas distintas, uma EVM (Ethereum Virtual Machine) e outra usando o que chamamos aqui de BVM (Bitcoin Virtual Machine).

Cada peça de dado, não sensível, dos pacientes serão tratados como tokens não-fungíveis (NFTs), garantindo que cada conjunto de informações tenha identificadores únicos armazenados em scripts em uma blockchain baseada em UTXO set. As indexações dos dados serão realizadas por um smart contract em uma segunda rede baseada em Global State para prover maior flexibilidade na recuperação e gerenciamento de dados específicos.

Os pacientes terão controle preferencial sobre seus dados através de um smart contract, permitindo o gerenciamento e a autorização de acesso conforme necessário. A arquitetura da plataforma assegura que os dados permanecem sob o controle do indivíduo, promovendo a autonomia e a confiança do paciente.

Por questões de transparência e descentralização, a plataforma fará uso de duas blockchains públicas. Uma delas baseada em Global State com arquitetura EVM para facilitar o gerenciamento de smart contracts. E a segunda baseada em UTXO (Unspent Transaction Outputs) Set com arquitetura BVM para promover processos eficientes e escaláveis. Esta combinação de uso de arquiteturas de blockchains complementares garante um sistema robusto e ágil, capaz de lidar com um grande volume de dados e transações.

O sistema proposto de indexação de dados entre blockchains por smart contracts tem o potencial de tornar o gerenciamento e compartilhamento de informações de histórico de saúde com profissionais e instituições de saúde mais simples, eficiente e seguro. Em

casos de necessidade, as informações podem ser rapidamente disponibilizadas para garantir um atendimento eficiente com informações confiáveis.

## **6.2. Desenvolvimento Tecnológico**

Para o desenvolvimento deste projeto, utilizaremos duas blockchains públicas como backend, uma com arquitetura EVM e outra com arquitetura BVM, cada uma com finalidades específicas dentro do contexto do projeto. Utilizaremos serviços e APIs providos por nós públicos de ambas as redes, preferencialmente utilizando as redes de teste para validação da proposta. Uma vez validada, faremos o deploy nas MainNets de ambas as redes.

Não faz parte do escopo deste projeto a configuração de nós próprios em nenhuma das blockchains onde o sistema irá operar. Mas o estudo da interoperabilidade entre as duas arquiteturas de blockchains. Entretanto, futuramente, dependendo do grau de escalabilidade que a plataforma venha a atingir, poderá ser necessário levantar nós em cada uma das blockchains utilizadas para garantir seu pleno funcionamento.

Dentro do contexto do projeto, trabalharemos principalmente com dados não sensíveis de pacientes, preferencialmente obtidos de bancos de dados públicos ou de voluntários que queiram participar dos testes ao longo do desenvolvimento, de forma anônima. Nossos colaboradores do Hospital Universitário Getúlio Vargas estarão nos auxiliando ao longo do desenvolvimento em questões relacionadas à área médica.

O sistema será composto por uma interface que permitirá ao usuário inserir, recuperar, atualizar e compartilhar um determinado conjunto de informações. A interface do usuário utilizará um serviço web para estabelecer a comunicação com as blockchains para envio e recuperação de dados. Além disso, o sistema contará com um serviço responsável pela integração e coordenação das informações entre as duas blockchains.

Os dados do usuário, como uma imagem de raio X, serão armazenados individualmente em scripts de UTXO em uma blockchain BVM de baixo custo operacional. Esta arquitetura foi escolhida por dois motivos principais:

Primeiro, uma blockchain baseada em UTXO set tem estados individualizados, permitindo acesso e manipulação de conjuntos específicos de UTXOs, o que favorece a escalabilidade do sistema, principalmente em redes especializadas para processamento de blocos grandes.

Em segundo lugar, os UTXOs são estados ativos na blockchain, diferenciando dados ativos daqueles que fazem parte do histórico da blockchain, mas que não estão mais ativos na rede, ou seja, no UTXO set do sistema. Isso permite, por exemplo, classificar um dado como ativo enquanto pertence a um UTXO, e como inativo e passível de ser podado da blockchain quando o UTXO for utilizado. Pois, dados em UTXOs precisam ser armazenados no UTXO set da blockchain por cada nó minerador, enquanto dados não pertencentes a UTXOs podem ser podados dos nós da blockchain, pois não serão mais requisitados para futuras transações na rede.

Embora blockchains baseadas em UTXO set ofereçam um potencial maior de escalabilidade devido à possibilidade de processamento paralelo de um número incalculável de UTXOs, a indexação desses elementos se torna uma tarefa complexa,

pois não é um serviço nativo dessas blockchains. Por isso, utilizaremos um sistema de smart contracts em uma blockchain com arquitetura EVM baseada em global state como indexador das referências dos dados na primeira blockchain. Para fins de escalabilidade, o sistema será composto por um contrato adaptador da plataforma que referenciará os contratos indexadores individuais de cada usuário, o contrato adaptador poderá solicitar acesso de leitura ao contrato de usuários.

O contrato de usuário será responsável por armazenar as referências de cada UTXO, juntamente com informações que ajudem a classificar o tipo de dado armazenado e a indicar se o UTXO está ativo ou inativo, o que ocorrerá em caso de atualização dos dados. O smart contract permitirá ao usuário localizar de forma simples e organizada as referências de informações de interesse, que serão entregues ao sistema da plataforma para recuperar essas informações na primeira blockchain. Da mesma forma, permitirá a inserção de referências de novas informações de saúde pelo paciente na primeira blockchain. Todo este processo será projetado para ser o mais transparente possível para o usuário da plataforma.

Devido à diferença na temporização da confirmação das transações nas duas blockchains, será necessário estabelecer um determinado número de confirmações na blockchain com arquitetura BVM antes de atualizar o contrato indexador na blockchain com arquitetura EVM. Entretanto, se a informação do bloco armazenado não for considerada primordial para o sistema, o indexador pode ser atualizado assim que a transação chegar à Mempool da blockchain BVM.

#### Descrição do Desenvolvimento do Projeto

O projeto será uma aplicação web que utilizará as tecnologias Node.js e React para a construção da interface e dos controles necessários. O desenvolvimento dos scripts de UTXO será feito com sCrypt-TS, um framework TypeScript para a construção de smart contracts em redes BVM. O contrato indexador será desenvolvido em Solidity, utilizando o framework HardHat da Nomic Foundation. Para garantir a compatibilidade entre as plataformas de desenvolvimento, todo o projeto será escrito em TypeScript.

Para o desenvolvimento, utilizaremos nós e APIs das redes de teste da Binance Smart Chain e da Infura, especificamente a rede Sepolia, para redes de arquitetura EVM. Para a rede BVM, utilizaremos os nós e APIs da WhatsOnChain, que fornecem acesso tanto à TestNet quanto à MainNet da blockchain de baixo custo Bitcoin Satoshi Vision.

A conta do usuário na plataforma gerará as credenciais necessárias para que este acesse a blockchain, chaves privadas e públicas, para os procedimentos de escrita e leitura de informações nas blockchains. Mas também será dada a opção de acesso através de browse wallets como MetaMask e Yours Wallet.

A plataforma resultará em uma solução inovadora e segura para o gerenciamento de dados de saúde. A combinação de blockchains EVM e BVM proporciona uma arquitetura

robusta e escalável, enquanto a colaboração com instituições médicas garante que o sistema atenda às necessidades reais dos usuários.

Os potenciais benefícios e impactos do projeto podem ser apresentados em dois cenários, o primeiro no uso de tecnologias blockchain aplicadas a área de saúde e o segundo é no contexto de interoperabilidade de blockchain com arquiteturas diferentes.

#### Descentralização e Controle do Usuário:

A natureza descentralizada das blockchains permite que os pacientes tenham controle total sobre seus dados de saúde, sem depender de intermediários ou entidades centralizadas. Os pacientes podem autorizar e revogar o acesso aos seus dados de saúde de forma autônoma, promovendo a privacidade e o empoderamento do indivíduo.

#### Interoperabilidade e Facilidade de Compartilhamento:

A integração de duas blockchains públicas com arquiteturas EVM e BVM facilita a interoperabilidade entre diferentes sistemas e plataformas de saúde. Os dados podem ser facilmente compartilhados com profissionais de saúde e hospitais, garantindo um atendimento mais informado e eficiente.

#### Escalabilidade e Eficiência:

A arquitetura UTXO baseada em BVM permite o processamento paralelo de transações, aumentando a escalabilidade e eficiência do sistema. A combinação de blockchain EVM, que facilita o gerenciamento de smart contracts, com blockchain BVM, que otimiza o armazenamento e manipulação de dados, resulta em uma solução robusta e ágil.

#### Inovação na Gestão de Dados de Saúde:

O projeto propõe uma solução inovadora para a gestão de históricos médicos, utilizando tokens não-fungíveis (NFTs) para representar dados de saúde de forma única e segura. A implementação de smart contracts em blockchain EVM permite a criação de um índice eficiente para referências de dados armazenados na blockchain BVM, facilitando a localização e atualização das informações.

#### Validação e Futuro Escalável:

A utilização de redes de testes para validação da proposta assegura que a solução será rigorosamente testada e otimizada antes do deployment nas MainNets, garantindo sua robustez e funcionalidade. Dependendo do grau de escalabilidade alcançado, o futuro levantamento de nós próprios em cada blockchain utilizada permitirá um controle ainda maior sobre o desempenho e a segurança do sistema.

#### Colaboração com Instituições Médicas:

A parceria com o Hospital Universitário Getúlio Vargas garante que o desenvolvimento do projeto esteja alinhado com as necessidades reais da área médica, promovendo soluções práticas e relevantes para o setor de saúde. A colaboração contínua com

profissionais de saúde assegura que as inovações tecnológicas sejam aplicadas de forma eficaz e benéfica para os pacientes e os profissionais.

## Conclusão

O uso inovador de blockchain neste projeto representa um avanço significativo no gerenciamento de dados de saúde assim como a interoperabilidade entre blockchains de arquiteturas distintas. Ao combinar segurança, privacidade, descentralização, e eficiência, a plataforma proposta oferece uma solução moderna que atende às necessidades de pacientes e profissionais de saúde. A integração de tecnologias blockchain EVM e BVM, juntamente com a colaboração com instituições médicas, destaca o potencial de impacto positivo e a relevância desta inovação no setor de saúde e avanço tecnológico na área de blockchain.

## 7. Cronograma de marcos

Atividades	11/24	12/24	1/25	2/25	3/25	4/25	5/25	6/25	7/25	8/25	9/25	10/25
Construção da UI	X	X	X	X								
Códigos de Scripts de UTXO	X	X										
Testes Local do Scripts para BVM	X	X	X									
Deploy em TestNet BVM			X									
Códigos de Smart Contracts		X	X	X								
Testes Local do Smart Contracts EVM		X	X	X	X							
Deploy em TestNet EVM					X							
Integração Frontend - Backend						X	X	X	X			
Testes de Integração						X	X	X	X	X		
Deploy em MainNet BVM									X			
Deploy em MainNet EVM									X			
Testes Pós-Integração									X	X	X	X
Estudos de interoperabilidade		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Produção de Artigos				X	X				X	X		
Revisões Necessárias		X		X		X		X		X		X
Relatórios				X				X				X

## 8. Recursos financeiros

### Equipe alocada com recursos do edital

A distribuição dos valores deve respeitar o total bruto para pessoal por projeto R\$ 132.000,00.



<b>Nome</b> (se não souber, preencher com a definir)	<b>Função</b> (Considerar informações do edital no campo Elegibilidade)	<b>Tipo</b> (Grupo de Pesquisa)	<b>Data início</b> (d/m/a)	<b>Data fim</b> (d/m/a)	<b>Alocação de horas por mês</b>	<b>Valor em R\$ Mensal</b>	<b>Total em R\$ Anual</b>
Carlos Augusto de Moraes Cruz	Coordenador geral	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$4.800,00	R\$57.600,00
Talita Cavalcante Pinheiro	Doutorando	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$1.680,00	R\$20.160,00
Mario Ruben Lima de Oliveira	Mestrando	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$800,00	R\$9.600,00
David Sotto Mayor Maciel Fernandes	Mestrando	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$800,00	R\$9.600,00
Andeivaldo da Encarnação Vitória	Mestrando	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$800,00	R\$9.600,00
Poliana Cavalcante Tomé	Graduando	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$653,20	R\$7.838,40
Vinicius de Sousa Menezes	Graduando	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$653,20	R\$7.838,40
Brenda Ananda de Souza Rodrigues	Graduando	Grupo de pesquisa	01/11/2024	31/10/2025	40	R\$653,20	R\$7.838,40
<b>Total (máximo anual R\$ 132.000,00)</b>							<b>R\$ 130.075,20</b>

## 9. Referências

[1] Pinheiro, T. C., Oliveira, J. M. C., Guedes, J. V., Oliveira, M. R. L., Neves, J. T., & Cruz, C. A. M. (2023). Acesso e compartilhamento de dados de saúde em blockchain usando smart contracts. In XVI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI 2023). Manaus.

[2] Pinheiro, T. C. (2024). Acesso e compartilhamento de dados de saúde em blockchain usando smart contracts (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto de Moraes Cruz. Coorientadora: Prof. Dra. Roberta Lins Gonçalves.

[3] Change Healthcare Introduces Enterprise Blockchain for Healthcare. (2017, September 25). BusinessWire. Retrieved July 27, 2023, from <https://www.businesswire.com/news/home/20170925005820/en/Change-Healthcare-Introduces-Enterprise-Blockchain-for-Healthcare>

[4] Engelen, L. (2023, September 29). Blockchain for healthcare and your banking card. LinkedIn. Retrieved September 29, 2023, from <https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-healthcare-your-banking-card-lucien-engelen/>

[5] Holden, J. (2023, September 22). Prescript Brings Medical Prescriptions to the Blockchain. Bitcoin.com. Retrieved September 22, 2023, from <https://news.bitcoin.com/prescript-blockchain-prescriptions/>

[6] Hasselgren, A., et al. (2020). GDPR Compliance for Blockchain Applications in Healthcare. Retrieved August 24, 2023, from <https://arxiv.org/pdf/2009.12913.pdf>

[7] Baillieu, J. (2023). Exploring and deploying blockchain solutions in the life sciences and healthcare sectors. European Pharmaceutical Review. Retrieved August 24, 2023, from <https://www.europeanpharmaceuticalreview.com/article/126761/exploring-and-deploying-blockchain-solutions-in-the-life-sciences-and-healthcare-sectors/>

[8] Smith, T. (2023). Blockchain to blockchains in life sciences and health care. Deloitte, New York.

[9] The Challenge of Health Care Fraud. (2023). NHCAA Institute. Retrieved October 16, 2023, from <https://www.nhcaa.org/tools-insights/about-health-care-fraud/the-challenge-of-health-care-fraud>

[10] Morsch, J. (2023, June 9). Blockchain na saúde: o que é, para que serve e exemplos de uso. Telemedicinamorsch. Retrieved June 9, 2023, from <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/blockchain-na-saude>