

Plataforma de Mercado para Compartilhamento de Infraestrutura de Telecomunicações Baseado em *Blockchain*

Jeffson Celeiro Sousa^{1,2}, José Reynaldo Formigoni¹

¹ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD)
Campinas – SP – Brasil

²Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém – PA – Brasil

{jcsousa, reynaldo}@cpqd.com.br

Resumo. *Este artigo propõe um método inovador de marketplace descentralizado de telecomunicações baseado em blockchain, utilizando Hyperledger Besu para melhorar segurança, escalabilidade e interoperabilidade. O marketplace oferece um catálogo diversificado de serviços de telecomunicações, através da oferta e demanda de infraestrutura física e lógica de rede. Destaca-se o potencial da blockchain em transformar sistemas tradicionais em um ecossistema mais seguro, transparente e eficiente, contribuindo para a evolução da indústria e academia.*

Abstract. *This article proposes an innovative method for a decentralized telecommunications marketplace based on blockchain, utilizing Hyperledger Besu to enhance security, scalability, and interoperability. The marketplace offers a diverse catalog of telecommunications services through the supply and demand of physical and logical network infrastructure. The potential of blockchain to transform traditional systems into a more secure, transparent, and efficient ecosystem is highlighted, contributing to the evolution of industry and academia.*

1. Introdução

A blockchain é a mais proeminente implementação de tecnologia de livro de registro distribuído (*Distributed Ledger Technology* ou DLT), utilizando princípios criptográficos e algoritmos avançados para armazenar, trocar e sincronizar dados de forma imutável em uma rede descentralizada. As DLTs possibilitam que os nós em uma rede distribuída alcancem um consenso e registrem dados sem depender de uma autoridade central [ITU-T 2019].

Atualmente, estão sendo desenvolvidas várias aplicações que utilizam DLT para a tarifação de serviços, controle de SLA via contratos inteligentes e a construção de *marketplace* descentralizados de serviços de comunicação. Um exemplo disso é a iniciativa do TMForum denominada *Catalyst*, cujo objetivo é promover colaborações mutuamente benéficas entre prestadores de serviços e ofertantes de ativos de rede, permitindo a interoperabilidade de uma variedade de plataformas DLT maduras e prontas para integração, usando um conjunto de padrões aceitos pela indústria de telecomunicações [Adhiappan et al. 2020].

Este trabalho tem como objetivo geral elaborar um método inovador de *marketplace* descentralizado de telecomunicações baseado em *blockchain*. Usando a interoperabilidade, escalabilidade e acesso controlado de uma *blockchain* em conjunto com a robusta funcionalidade do *Hyperledger Besu*, o sistema busca criar um ecossistema de negócio mais integrado, seguro e eficiente. Além disso, contratos inteligentes embutidos vão automatizar ainda mais os processos, reduzindo a necessidade de intervenção manual e a probabilidade de erro humano.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados à proposta. A Seção 3 apresenta a descrição da proposta. E, por fim, a Seção 4 apresenta a conclusão e trabalhos futuros acerca deste estudo.

2. Trabalhos Relacionados

Os autores de [Maksymyuk et al. 2020] propõem a aplicação de *blockchain* em redes 6G para desenvolver uma infraestrutura de rede virtualizada, permitindo transações financeiras entre reguladores, operadoras e usuários por meio de contratos inteligentes e criptomoedas. O método foca em permitir que operadoras adquiram licenças temporárias para uso de espectro, semelhante ao sistema tradicional de licenciamento

Os autores de [Giupponi e Wilhelmi 2022] propõem melhorias na arquitetura O-RAN, integrando *blockchain* para o compartilhamento automático de recursos RAN. Inclui um sistema de suporte ao negócio (BSS) para gerenciamento e um controle de admissão no SMO para avaliar novos VNFs. Propõe também um corretor de compartilhamento de RAN e um marketplace operado por terceiros para anunciar infraestrutura via *blockchain* e contratos inteligentes.

Os autores de [Javed e Manges-Bafalluy 2022] investigam o uso de *blockchain* em redes 6G para mediar acordos em múltiplos domínios administrativos, abrangendo desde o registro até o pagamento e faturamento, com o objetivo de integrar essa tecnologia aos modelos de negócios de telecomunicações. A proposta busca reduzir custos e promover descentralização, empregando IOTA Tangle e IPFS para redução de custos de transação e armazenamento, e *Chainlink* para acesso a dados *off-chain*. Apresenta um mercado de contratos inteligentes e um mecanismo de leilão, permitindo aos consumidores escolher ou leiloar serviços conforme suas necessidades.

Os autores de [Bandara et al. 2022] apresentam "Kaputa", um corretor dinâmico de fatiamento de rede que usa *blockchain* e NFTs para facilitar e comercializar o fatiamento de redes 5G. Permite que provedores de recursos, como operadores de RAN e provedores de nuvem, aluguem seus serviços para orquestração de fatias de rede. A orquestração é feita por contratos inteligentes, e as fatias de rede são vendidas como NFTs no mercado Kaputa, acessíveis via criptomoedas ou moeda fiduciária. A receita é distribuída entre os provedores de serviço. Destaca o uso do *blockchain* Moose, adaptado para redes 5G fatiadas, e introduz um modelo avançado de NFT, o k528, que evoluiu do ERC721, para representar fatias de rede.

Os autores de [Fernández-Fernández et al. 2023] propõem uma arquitetura para um mercado descentralizado usando DLT e contratos inteligentes, permitindo a comercialização de ativos em uma rede compartilhada. A plataforma inclui uma rede de catálogos de ofertas, facilitando a aquisição automatizada de serviços como nuvem, edge, espectro, e fatiamento de redes. Utiliza 15.000 entradas para treinar modelos conforme o *TM Fo-*

rum, com ofertas detalhando atributos comuns e específicos. O modelo promove um comércio colaborativo e automatizado de recursos de rede, demonstrando a eficácia de contratos inteligentes e DLT em telecomunicações descentralizadas.

Os autores de [Afraz e Ruffini 2019] propõem um mecanismo de leilão duplo visando a alocação eficiente de recursos entre os participantes com maior demanda, com o intuito de maximizar o bem-estar social no mercado. Este mecanismo promove a honestidade entre os provedores de infraestrutura ao compartilharem suas redes sem a necessidade de uma autoridade central, aplicando um modelo distribuído para mercados bilaterais. Utilizando o *Hyperledger Fabric*, o estudo detalha o processo de transação desde o recebimento de ofertas até a realização do leilão, onde vendedores e compradores compatíveis são combinados e os resultados da alocação de recursos são determinados.

Os autores de [Afraz et al. 2023] desenvolveram um sistema de leilão em blockchain *Hyperledger Fabric*, usando contratos inteligentes para facilitar a negociação de fatias de rede entre locatários e provedores de recursos, incluindo computação, armazenamento e RAN. O sistema emprega a estratégia de leilões de Vickrey, selecionando o segundo lance mais alto como vencedor para evitar ofertas falsas. Funciona de forma distribuída, com cada nó da blockchain atuando como um provedor de serviço diferente, rodando uma instância do contrato inteligente. Isso assegura que as alocações de recursos sejam realizadas coletivamente, sem necessidade de um intermediário.

	<i>Marketplace</i> Descentra- lizado	<i>Blockchain</i> Suporte DLT	<i>Smart</i> <i>Contract</i>	Suporte a Tokeniza- ção	Suporte à sistema de Billing B2B/B2C	Suporte a Identidade Digital Descentrali- zada
Proposta	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[Maksymyuk et al. 2020]	✗	✓	✓	✓	✗	✗
[Giupponi e Wilhelmi 2022]	✓	✓	✓	✗	✗	✗
[Fernández-Fernández et al. 2023]	✓	✓	✓	✗	✗	✗
[Bandara et al. 2022]	✓	✓	✓	✓	✗	✓
[Javed e Manges-Bafalluy 2022]	✓	✓	✓	✗	✗	✗
[Afraz e Ruffini 2019]	✓	✓	✓	✗	✗	✗
[Afraz et al. 2023]	✓	✓	✓	✗	✓	✗

Tabela 1. Representação dos Trabalhos Relacionados.

A Tabela 1 apresenta uma distribuição detalhada dos aspectos discutidos acima. No geral, o nosso trabalho se difere principalmente em dois pontos: (i) uso da identidade digital descentralizada como camada de identificação de pessoas físicas e jurídicas do *marketplace* usando como base de registros a Hyperledger Besu, o mesmo framework adotado pela Banco Central do Brasil no piloto do DREX; (ii) e pelo suporte a um sistema de *billing* B2B e B2C que funcionará de forma descentralizada no *marketplace*.

3. Proposta de Mercado Compartilhado

Esta seção apresenta a arquitetura D-MTS (*Decentralized Marketplace for Telecommunication Services*) para um mercado de telecomunicações, oferecendo um catálogo de serviços e ativos de telecomunicação com recursos para facilitar a escolha e contratação de infraestrutura de forma compartilhada. Incorpora um sistema de faturamento baseado em blockchain, proporcionando transações seguras e transparentes. A plataforma permite aos usuários simular e avaliar o desempenho de serviços de rede 5G e 6G, auxiliando na decisão de quais serviços ou ativos adquirir, com base em simulações realísticas de

desempenho de rede.

O nosso modelo de arquitetura aborda um cenário que abrange desde o *onboarding* (cadastro, registro e autenticação) de participantes, incluindo consumidores, fornecedores de serviço e provedores de ativos, até a gestão e faturamento de serviços contratados. A plataforma oferece um catálogo diversificado de serviços e ativos de telecomunicações para facilitar a escolha de serviços. Adicionalmente, o sistema incorpora um mecanismo de faturamento baseado em *blockchain*, assegurando transparência e segurança nas transações.

Como usuários do Sistema podemos identificar os seguintes atores: (i) consumidores, que utilizam o *marketplace* para contratar serviços de telefonia móvel, (ii) fornecedores de serviços, que ofertam serviços de telefonia móvel no *marketplace* e também utilizam a plataforma para contratar ativos e serviços necessários para suas operações, (iii) provedores de Ativos, que ofertam ativos e infraestruturas essenciais para as operações de rede móvel.

A Figura 1 apresenta o D-MTS para a indústria de telecomunicações, integrando consumidores, fornecedores de serviços de rede móvel e provedores de ativos. Esta plataforma atua como um ecossistema interconectado para a contratação e oferta de uma variedade de serviços e ativos relacionados à telefonia móvel. O componente do *marketplace* serve como a plataforma central onde todas as interações ocorrem. Irá hospedar um catálogo diversificado de ofertas, incluindo serviços de telefonia móvel e ativos relacionados, como torres, antenas, baterias, RANs, Core de Rede e faixas de espectro.

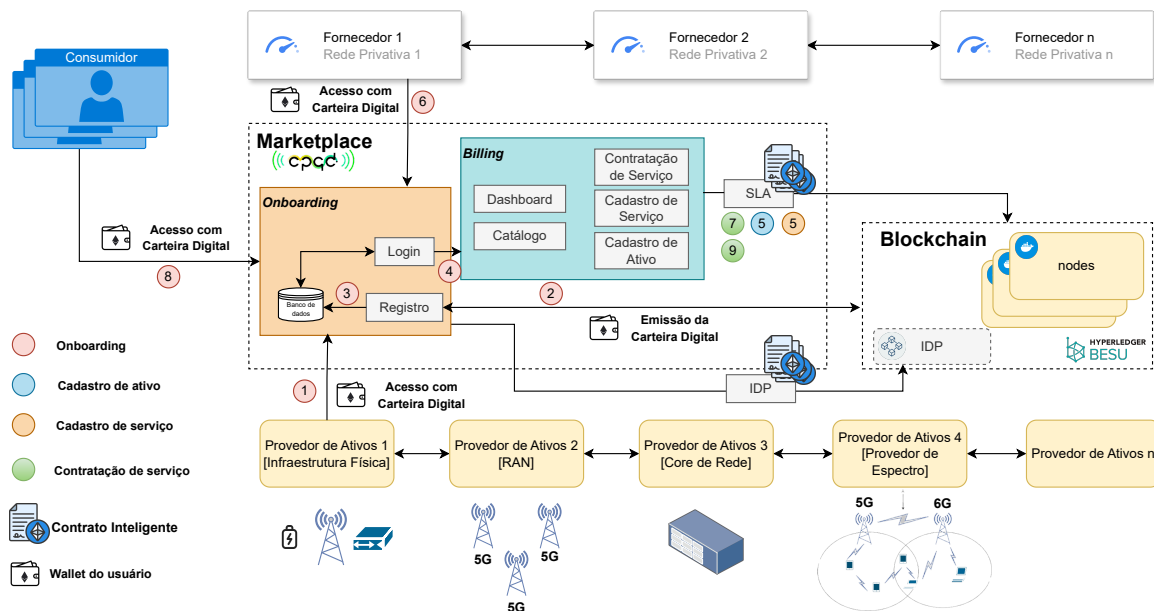


Figura 1. Arquitetura da Proposta D-MTS

O fluxo operacional da arquitetura D-MTS, conforme delineado na Figura 1, inicia-se com o processo de autenticação dos participantes — que inclui consumidores, fornecedores de serviços e provedores de ativos — por meio do uso de carteiras digitais, garantindo uma camada de segurança criptográfica robusta (identificado nos círculos vermelhos 1, 6 e 8). A fase subsequente, denominada onboarding, é marcada pelo registro de novos usuários na plataforma, onde são coletadas informações essenciais para a criação de perfis

dentro do sistema (círculos vermelhos 2 e 3). Após a conclusão do registro, os usuários efetuam login (círculo vermelho 4), acessando assim o dashboard. Este painel central é projetado para oferecer uma visão abrangente e a possibilidade de gerenciamento das atividades do usuário, além de prover acesso ao catálogo que exibe um leque de serviços e ativos disponíveis para contratação.

Neste contexto, fornecedores de serviços e provedores de ativos detêm a funcionalidade de inserir novas ofertas e recursos no catálogo, dinamizando o espectro de opções disponíveis (representado pelos círculos azul e laranja). O processo de contratação de serviços ou ativos é caracterizado pela negociação de termos de serviço, estabelecimento de SLAs e a subsequente formalização do contrato (ilustrado nos círculos verdes 7 e 9), etapas estas fundamentais para a formalização da prestação de serviços. Todas as informações críticas relacionadas à operação do *marketplace* são armazenadas em um banco de dados centralizado, o que é vital para a manutenção da integridade e da confiabilidade dos dados.

O *marketplace* descentralizado funciona como uma plataforma onde fornecedores de serviços de rede móvel e de ativos podem ofertar e adquirir serviços, atendendo às necessidades específicas do setor de telefonia móvel. Permite que consumidores acessem e escolham entre uma ampla gama de serviços e recursos de telecomunicações conforme a demanda. Além de comercializar ofertas, a plataforma ajuda os provedores a compreender e satisfazer as demandas do mercado. A adoção de blockchain para processos de pagamento oferece um método confiável, rastreável e descentralizado, aumentando a transparência e segurança do sistema.

A plataforma propõe oferecer um conjunto robusto de funcionalidades, incluindo a gestão de perfis de usuário, emissão de credenciais de identidade digital, criação de carteiras digitais, e um catálogo dinâmico para oferta e contratação de serviços. Os bancos de dados armazenam informações essenciais, desde dados pessoais até detalhes financeiros e de contratos. Além disso, a arquitetura é reforçada por integrações com sistemas externos, como plataformas de pagamento distribuídas, como por exemplo, a rede *blockchain* proposta, e ferramentas de monitoramento de desempenho, assegurando uma operação eficiente e transparente do *marketplace*.

A plataforma escolhida para suportar as funcionalidades do D-MTS é o *Hyperledger Besu*, um cliente Ethereum desenvolvido pela comunidade *open-source Hyperledger*, sob liderança da *Linux Foundation*. Escrito em Java, o Besu é capaz de rodar redes Ethereum permissionadas com eficiência no processamento de transações.

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho destaca a complexidade e o potencial de eficácia da arquitetura proposta para um marketplace de telecomunicações. Abordamos a arquitetura em diferentes camadas e cenários, desde o onboarding de usuários até o monitoramento e faturamento de serviços. O uso inovador da tecnologia blockchain para o faturamento são aspectos que demonstram a busca por soluções avançadas e seguras em um mercado em constante evolução tecnológica. Essa arquitetura reflete não apenas as necessidades atuais do setor de telecomunicações, mas também antecipa tendências futuras, posicionando o marketplace como uma plataforma integrada, segura e adaptável às dinâmicas do setor.

Vimos que a tecnologia Blockchain oferece uma infraestrutura segura, confiável e

transparente para a troca e o armazenamento de dados e ativos digitais, possibilitando a criação de sistemas descentralizados que permitem que os usuários mantenham o controle sobre suas informações pessoais, realizem transações confiáveis e estabeleçam contratos inteligentes autoexecutáveis. À medida que continuamos a avançar em direção a um futuro cada vez mais conectado, é essencial que as soluções sejam projetadas para atender aos requisitos de desempenho, segurança e privacidade, garantindo assim o avanço contínuo e bem-sucedido dessas inovações.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro dado a este trabalho, com o apoio do FUNTTEL e da FINEP, sob o processo nº 1508/22.

Referências

- Adhiappan, A., Chernetsov, A., Fenomenov, M., Karabudak, U., Korabanova, A., Kislyakov, S., Beller, L., Nati, M., Radier, B., Sushkov, A., Ustimenko, A., Vedin, A., Yurlov, O., Meriem, T., Messié, V., and Labidurie Omnes, N. (2020). Federated csps marketplace : A dlt-based data trust enabling business assurance for csps platforms federation. Technical report.
- Afraz, N. and Ruffini, M. (2019). A distributed bilateral resource market mechanism for future telecommunications networks. In *2019 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, pages 1–6.
- Afraz, N., Wilhelmi, F., Ahmadi, H., and Ruffini, M. (2023). Blockchain and smart contracts for telecommunications: Requirements vs. cost analysis. *IEEE Access*, 11:95653–95666.
- Bandara, E., Shetty, S., Mukkamala, R., Rahman, A., Foytik, P., Liang, X., and Keong, N. W. (2022). Kaputa - blockchain, non-fungible token and model card integrated 5g/6g network slice broker and marketplace. In *MILCOM 2022 - 2022 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, pages 559–564.
- Fernández-Fernández, A., Coronado, E., Erspamer, A., Samaras, G., Theodorou, V., and Siddiqui, S. (2023). Unlocking the path toward intelligent telecom marketplaces for beyond 5g and 6g networks. *IEEE Communications Magazine*, 61(3):28–34.
- Giupponi, L. and Wilhelmi, F. (2022). Blockchain-enabled network sharing for o-ran in 5g and beyond. *IEEE Network*, 36(4):218–225.
- ITU-T (2019). Technical specification fg dlt d1.1 - distributed ledger technology terms and definitions. Technical report, TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF IT.
- Javed, F. and Manges-Bafalluy, J. (2022). Blockchain and 6g networks: A use case for cost-efficient inter-provider smart contracts. In *2022 IEEE 33rd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pages 602–608.
- Maksymyuk, T., Gazda, J., Volosin, M., Bugar, G., Horvath, D., Klymash, M., and Dohler, M. (2020). Blockchain-empowered framework for decentralized network management in 6g. *IEEE Communications Magazine*, 58(9):86–92.