

# Interoperabilidade Blockchain utilizando o Protocolo LayerZero

Maria Cecília Romão Santos<sup>1</sup>, Alex Borges Vieira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG – Brasil

cecilia.romao@estudante.ufjf.br, alex.borges@ufjf.br

**Resumo.** A interoperabilidade entre blockchains é uma demanda crescente diante da fragmentação do ecossistema distribuído, que compromete a liquidez entre redes e limita o desenvolvimento de aplicações descentralizadas. Este trabalho apresenta uma pesquisa da literatura sobre soluções de interoperabilidade blockchain, com ênfase no protocolo LayerZero. São discutidos aspectos técnicos, como mecanismos de verificação, comunicação entre cadeias e abstração de camadas, além de perspectivas arquiteturais, como classificações de soluções, padrões emergentes e estratégias de segurança. Entre os principais resultados, destacam-se o papel do LayerZero como infraestrutura de baixo nível para aplicações cross-chain, a diversidade de abordagens técnicas propostas para eliminar intermediários confiáveis, a predominância de soluções voltadas à liquidez e à composição de contratos inteligentes entre cadeias, bem como lacunas relacionadas à padronização, mensuração de desempenho e desafios de escalabilidade.

**Palavras-chave:** Interoperabilidade Blockchain; Cross-Chain; Protocolo LayerZero; Omnichain; Trustless.

## 1. Apresentação do Tema

O crescimento acelerado das *blockchains* e aplicações descentralizadas impulsionou o surgimento de múltiplas redes independentes, com arquiteturas, linguagens e mecanismos próprios [Lawrence 2025a]. Essa diversidade, embora promissora, cria um ecossistema fragmentado, dificultando a comunicação entre plataformas, comprometendo a liquidez e limitando o avanço da *Web3* [vonEitzen et al. 2024].

Nesse cenário, a interoperabilidade entre *blockchains* torna-se um requisito estratégico para permitir a troca de dados, ativos e mensagens entre redes distintas. Diversas soluções têm sido propostas, como *bridges* tradicionais e protocolos como *Polkadot* e *Cosmos* [Belchior et al. 2021]. No entanto, essas abordagens ainda enfrentam limitações quanto à segurança, à dependência de intermediários e à escalabilidade.

Entre as propostas emergentes, o protocolo *LayerZero* destaca-se ao oferecer uma arquitetura *omnichain* e *trustless*, permitindo comunicação direta entre *blockchains* heterogêneas, sem a necessidade de terceiros confiáveis [Zarick et al. 2024]. Essa proposta tem se consolidado como infraestrutura de base para aplicações *cross-chain*, trazendo novos paradigmas para interoperabilidade descentralizada.

## 2. Justificativas

Embora a interoperabilidade entre *blockchains* seja amplamente reconhecida como um fator essencial para o avanço da *Web3* e de aplicações descentralizadas

[Anido-Rifón 2025], observa-se que muitas das soluções existentes apresentam limitações em aspectos como segurança, performance e dependência de intermediários confiáveis [vonEitzen et al. 2024].

Entre as propostas mais recentes, o protocolo *LayerZero* destaca-se por oferecer uma abordagem *omnichain* e *trustless* para comunicação entre redes heterogêneas, eliminando intermediários confiáveis e propondo uma infraestrutura inovadora para aplicações *cross-chain* [Zarick et al. 2024].

Apesar de seu potencial tecnológico e das discussões em ambientes especializados, a literatura acadêmica ainda carece de estudos que consolidem informações sobre o funcionamento, os benefícios, as limitações e as aplicações práticas do *LayerZero*. Essa lacuna dificulta não apenas o entendimento técnico do protocolo, mas também a avaliação crítica de suas contribuições em relação a outras soluções de interoperabilidade.

Diante desse cenário, este trabalho justifica-se pela necessidade de oferecer uma visão abrangente, analítica e atualizada sobre o protocolo *LayerZero*, à luz das soluções de interoperabilidade em blockchain. Ao reunir, organizar e discutir criticamente os principais achados da literatura, esta pesquisa visa contribuir para o avanço do conhecimento científico na área, servir como referência para estudos futuros e apoiar profissionais e desenvolvedores na construção de soluções interoperáveis, seguras e eficientes no ecossistema *blockchain*.

### 3. Objetivos

#### Objetivo Geral

Realizar uma pesquisa sobre soluções de interoperabilidade entre blockchains, com ênfase no protocolo *LayerZero*, a fim de identificar e analisar suas características técnicas, aplicações práticas, benefícios, limitações e desafios apresentados na literatura científica recente.

#### Objetivos Específicos

- Investigar os principais conceitos e fundamentos relacionados à interoperabilidade entre *blockchains*.
- Identificar as principais motivações para o desenvolvimento de protocolos de interoperabilidade *blockchain*.
- Analisar o funcionamento técnico do protocolo *LayerZero*, incluindo seus mecanismos de verificação e arquitetura *trustless*.
- Comparar o *LayerZero* com soluções de interoperabilidade como *Polkadot*, *Cosmos* e *bridges* tradicionais.
- Mapear as principais aplicações e casos de uso construídos ou possíveis de serem construídos ou propostos com base no *LayerZero*.
- Mapear os benefícios, limitações, riscos e desafios associados ao uso do protocolo *LayerZero*.
- Produzir uma análise crítica e interpretativa sobre o estado atual do conhecimento, destacando tendências, lacunas e oportunidades para futuros estudos ou aplicações no ecossistema *blockchains*.

#### 4. Metodologia de pesquisa

Este trabalho será conduzido como uma pesquisa bibliográfica e exploratória sobre soluções de interoperabilidade entre *blockchains*, com ênfase no estudo técnico e conceitual do protocolo *LayerZero*, buscando responder às seguintes perguntas:

##### Questões de Pesquisa Primárias (QPP):

- QPP1.** *Quais são os principais problemas ou limitações decorrentes da fragmentação das redes blockchain isoladas?*
- QPP2.** *Qual a importância da interoperabilidade entre blockchains no ecossistema multi-chain?*
- QPP3.** *Quais são as motivações para o desenvolvimento do protocolo LayerZero?*
- QPP4.** *Quais são as características e os impactos do protocolo LayerZero na promoção da interoperabilidade entre blockchains?*
- QPP5.** *Como o LayerZero se compara a outras soluções de interoperabilidade existentes?*

##### Questões de Pesquisa Secundárias (QPS):

- QPS1.** *Qual a ideia central por trás do protocolo LayerZero?*
- QPS2.** *Como o LayerZero se descreve em termos de seu nível na arquitetura blockchain?*
- QPS3.** *Como o LayerZero permite a comunicação e a troca de dados ou mensagens entre blockchains distintas?*
- QPS4.** *Como o LayerZero facilita a transferência de ativos entre blockchains?*
- QPS5.** *Quais são os benefícios relatados do uso do LayerZero para alcançar a interoperabilidade blockchain?*
- QPS6.** *Quais tipos de aplicações cross-chain são ou podem ser construídas sobre o LayerZero?*
- QPS7.** *Quais são os supostos de confiança exigidos pelo protocolo LayerZero?*
- QPS8.** *Quais são as limitações ou potenciais vulnerabilidades ou riscos associados ao protocolo LayerZero?*

Foram realizadas buscas nas bases Scopus<sup>1</sup>, ACM Digital Library<sup>2</sup>, Web of Science<sup>3</sup>, Science Direct<sup>4</sup>, Google Scholar<sup>5</sup>, o Elicit<sup>6</sup>, utilizando a *string* de busca: (*"blockchain"OR "distributed ledger"*) AND (*"interoperability"OR "cross-chain"*) AND (*"LayerZero"OR "omnichain"*) AND (*"protocol"OR "whitepaper"*).

Os critérios de inclusão consideraram publicações entre 2015 e 2025, com foco explícito no tema. Trabalhos indisponíveis, duplicados, em idiomas distintos do português ou inglês, ou fora do escopo técnico foram excluídos.

Após triagens sucessivas com apoio da ferramenta Rayyan<sup>7</sup>, foram selecionados 39 estudos primários. A análise abordará fundamentos técnicos do LayerZero, comparações com outras soluções, aplicações práticas e desafios identificados. A Tabela 1 apresenta os artigos considerados para análise.

---

<sup>1</sup><https://www.scopus.com>

<sup>2</sup><https://dl.acm.org/>

<sup>3</sup><https://clarivate.com/>

<sup>4</sup><https://www.sciencedirect.com/>

<sup>5</sup><https://scholar.google.com/>

<sup>6</sup><https://elicit.com/>

<sup>7</sup><https://rayyan.ai/>

Tabela 1. Lista de estudos analisados

ID	Referência	ID	Referência	ID	Referência
E1	[Anido-Rifón 2025]	E14	[Gauthier et al. 2023]	E27	[Sevim 2022]
E2	[Arulkumaran et al. 2024]	E15	[Han et al. 2024]	E28	[vonEitzen et al. 2024]
E3	[Banaeian Far e Hosseini Bamakan 2025]	E16	[Huang et al. 2024]	E29	[Yan et al. 2025]
E4	[Belchior et al. 2021]	E17	[Ilisei 2024]	E30	[Yeddou et al. 2024]
E5	[Belchior et al. 2024]	E18	[Kate et al. 2025]	E31	[Young 2024]
E6	[Chen et al. 2024]	E19	[Khan et al. 2023]	E32	[Zarick et al. 2021]
E7	[Davidson 2024]	E20	[Lawrence 2025a]	E33	[Zarick et al. 2023a]
E8	[De et al. 2024]	E21	[Lawrence 2025b]	E34	[Zarick et al. 2023b]
E9	[Deng et al. 2025]	E22	[Lesavre et al. 2020]	E35	[Zarick et al. 2024]
E10	[Dodgson et al. 2024]	E23	[Lu et al. 2024a]	E36	[Zarick e Zhang 2025]
E11	[Doty et al. 2023]	E24	[Lu et al. 2024b]	E37	[Zhang et al. 2024]
E12	[Epure 2024]	E25	[Öz et al. 2025]	E38	[Zhao et al. 2023]
E13	[Gajera et al. 2025]	E26	[Schulte et al. 2019]	E39	[Zheng et al. 2023]

5. Cronograma

Este estudo está planejado para ser desenvolvido ao longo do segundo semestre de 2025, conforme o cronograma apresentado na Tabela 2. As atividades estão distribuídas em etapas sequenciais, iniciando com a definição das questões de pesquisa e o levantamento bibliográfico, seguidas pela análise e síntese dos estudos, redação do texto e, por fim, a revisão final e entrega do trabalho.

Tabela 2. Cronograma de atividades

Atividade	Jul/2025	Ago/2025	Set/2025	Out/2025	Nov/2025	Dez/2025
Definição das questões de pesquisa	X					
Busca e levantamento bibliográfico	X					
Apresentação do Projeto de TCC	X	X				
Organização e leitura das fontes		X	X			
Síntese e análise dos estudos			X	X		
Redação do texto do TCC				X	X	
Revisão final e entrega					X	X

Referências

Anido-Rifón, L. (2025). Proposal of standardization of a blockchain-based interoperability platform for academic credentials. *blockstand*.

Arulkumaran, R., Rama, P., Thumati, R., Kanchi, P., Goel, L., e Jain, D. A. (2024). Cross-chain nft marketplaces with layer zero and chain link. *Modern Dynamics: Mathematical Progressions*.

Banaeian Far, S. e Hosseini Bamakan, S. M. (2025). Third layer blockchains are being rapidly developed: Addressing state-of-the-art paradigms and future horizons. *Journal of Network and Computer Applications*, 233:104044.

- Belchior, R., Süßenguth, J., Feng, Q., Hardjono, T., Vasconcelos, A., e Correia, M. (2024). A brief history of blockchain interoperability. *Commun. ACM*, 67(10):62–69.
- Belchior, R., Vasconcelos, A., Guerreiro, S., e Correia, M. (2021). A survey on blockchain interoperability: Past, present, and future trends. *ACM Comput. Surv.*, 54(8).
- Chen, B., Ma, L., Xu, H., Ma, J., Hu, D., Liu, X., Wu, J., Wang, J., e Li, K. (2024). A comprehensive survey of blockchain scalability: Shaping inner-chain and inter-chain perspectives.
- Davidson, S. (2024). Secure and efficient message routing and delivery across blockchain networks.
- De, A., Agrawal, D., e El Abbadi, A. (2024). Crocrpc: Cross-chain remote procedure calls framework for dapps. *Proceedings of the VLDB Endowment*. ISSN, 2150.
- Deng, Z., Tang, C., Li, T., Abia, P., Chen, Q., Liang, W., e He, D. (2025). Enhancing blockchain cross chain interoperability: A comprehensive survey.
- Dodgson, J., Nanzheng, L., Peh, J., Pattirane, A. R. J., Alhajir, A. D., Dinarto, E. R., Lim, J., e Ahmad, S. D. (2024). Establishing performance baselines in fine-tuning, retrieval-augmented generation and soft-prompting for non-specialist llm users.
- Doty, M., Ihnatiuk, V., Butko, Y., Korchynskyi, A.-Y., Sokolov, T., e Poliakov, D. (2023). Golden gate. *GGX Interchain Infrastructure Protocol*.
- Epure, L. I. (2024). Baron chain project - the quantum-safe ai-driven blockchain. *Authorea Preprints*.
- Gajera, H., Reddy, A., e Reddy, B. (2025). Omnichain web: The universal framework for streamlined chain abstraction and cross-layer interaction.
- Gauthier, T., Dan, S., Hadji, M., Pozzo, A. D., e Amoussou-Guenou, Y. (2023). Topos: A secure, trustless, and decentralized interoperability protocol.
- Han, Y., Wang, C., Wang, H., Yang, Y., e Wang, X. (2024). A study of blockchain-based liquidity cross-chain model. *Plos one*, 19(6):e0302145.
- Huang, C., Yan, T., e Tessone, C. J. (2024). Seamlessly transferring assets through layer-0 bridges: An empirical analysis of stargate bridge’s architecture and dynamics. *Em Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2024, WWW ’24*, página 1776–1784, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Ilisei, D. (2024). *Analyzing the Role of Bridges in Cross-Chain MEV Extraction*. Tese de doutorado, Master’s Thesis. Technical University of Munich.
- Kate, A., Mangipudi, E. V., Nomula, C., Ramesh, R., Terzoglou, A., e Tobkin, J. (2025). HyperLoop: Rationally secure efficient cross-chain bridge. Cryptology ePrint Archive, Paper 2025/176.
- Khan, K. M., Fahim, A., Saleem, D. M., e Jokhio, M. (2023). Empirical investigation on blockchain interoperability. *VFAST Transactions on Software Engineering*, 11(1):25–36.
- Lawrence, A. (2025a). Bridging blockchains: The rise of cross-chain protocols and interoperable ecosystems. Technical report, Center for Open Science.

- Lawrence, A. (2025b). Unlocking seamless blockchain communication: A deep dive into interoperability solutions. *OSF Preprints*.
- Lesavre, L., Varin, P., e Yaga, D. (2020). Blockchain networks: Token design and management overview. Technical report, National Institute of Standards and Technology.
- Lu, H., Jajoo, A., e Namjoshi, K. S. (2024a). Atomicity and abstraction for cross-blockchain interactions.
- Lu, H., Jajoo, A., e Namjoshi, K. S. (2024b). A two-phase protocol for atomic multi-chain transactions. Em *Proceedings of the ACM Conext-2024 Workshop on the Decentralization of the Internet*, página 21–27. Association for Computing Machinery.
- Schulte, S., Sigwart, M., Frauenthaler, P., e Borkowski, M. (2019). Towards blockchain interoperability. Em *International Conference on Business Process Management*.
- Sevim, H. O. (2022). A survey on trustless cross-chain interoperability solutions in on-chain finance. *Distributed Ledger Technologies Workshop*.
- vonEitzen, C. D., Rifón, L. A., Ruiz-Molina, M., e Fernández-Iglesias, M. J. (2024). Bridging the gap: Achieving seamless interoperability between ethereum-based blockchains using inter-blockchain communication protocols. *Authorea Preprints*.
- Yan, T., Huang, C., e Tessone, C. J. (2025). Tracing cross-chain transactions between evm-based blockchains: An analysis of ethereum-polygon bridges.
- Yeddou, A. F., Belouchrani, A., e Mokrane, A. (2024). Enhancing peer-to-peer energy trading in smart grids through blockchain interoperability using layer zero. Em *2024 6th International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA)*, páginas 624–629.
- Young, V. (2024). Methods and systems for implementing an omni-chain interoperability protocol in an omni-chain network. US Patent 12,131,320.
- Zarick, R., Pellegrino, B., e Banister, C. (2021). Layerzero: Trustless omnichain interoperability protocol.
- Zarick, R., Pellegrino, B., e Banister, C. (2023a). Trustless omnichain communication protocol platforms. US Patent App. 18/120,485.
- Zarick, R., Pellegrino, B., e Banister, C. (2023b). Trustless omnichain communication protocol platforms implementing resource balancing. US Patent App. 18/120,475.
- Zarick, R., Pellegrino, B., Zhang, I., Kim, T., e Banister, C. (2024). Layerzero.
- Zarick, R. e Zhang, I. (2025). Using self-regulating functions to implement blockchain-based token attribution with reduced computational complexity. US Patent App. 18/483,568.
- Zhang, M., Zhang, X., Zhang, Y., e Lin, Z. (2024). Cross-chain bridges: Attack taxonomy, defenses, and open problems. Em *Proceedings of the 27th International Symposium on Research in Attacks, Intrusions and Defenses, RAID '24*, página 298–316, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Zhao, Q., Wang, Y., Yang, B., Shang, K., Sun, M., Wang, H., Yang, Z., e Xin, H. (2023). A comprehensive overview of security vulnerability penetration methods in blockchain cross-chain bridges. *Authorea Preprints*.

Zheng, J., Lee, D. K. C., e Qian, D. (2023). An in-depth guide to cross-chain protocols under a multi-chain world. *World Scientific Annual Review of Fintech*, 01:2350003.

Öz, B., Torres, C. F., Gebele, J., Rezabek, F., Mazorra, B., e Matthes, F. (2025). Pandora's box: Cross-chain arbitrages in the realm of blockchain interoperability.