

Uma Revisão de Literatura sobre *Blockchain* para sistemas de votação eletrônica

AECIO DE OLIVEIRA SOUZA
EDUARDO CORREIA DOS SANTOS JÚNIOR
ERNESTO SOUZA MENEZES NETO JUNIOR
JEFERSON SANTOS DE ALMEIDA
LUIZ CARLOS DOS SANTOS FERREIRA SACRAMENTO

¹Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Campus I
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Salvador, Bahia, Brasil.

aecdel59@gmail.com

correiaeduardojr@gmail.com

ernesto.sjunior@hotmail.com

ajefersan@gmail.com

sacramento.tecnico@gmail.com

Resumo. *O presente trabalho objetiva mapear o estado da arte sobre a utilização de tecnologias baseadas em blockchain para sistemas seguros de votação eletrônica, e para fazê-lo, definimos a seguinte questão central de pesquisa: "Quais as principais tecnologias em blockchain utilizadas para sistemas de votação eletrônica?"; E a seguinte questão secundária de pesquisa: "Quais soluções de blockchain podem ser utilizadas para combater problemas de segurança?". Seguindo o protocolo definido nas próximas seções, encontramos dezenas de artigos e conseguimos mapear os dois grandes tipos de sistemas de votação eletrônica baseados em blockchain, além de construir uma noção clara das tecnologias comumente usadas nessa área.*

Abstract. *The present study aims to map the state-of-the-art about the utilization of blockchain-based technology in secure e-voting systems, and to do so, it defines the following main research question: "What are the main blockchain-based technologies used for electronic voting systems?"; And this secondary question: "What blockchain-based solutions could be used to fight security issues?". Following the protocol defined in the next sections, we found dozens of articles and were able to map the two major types of blockchain-based electronic voting systems, in addition to building a clear notion of the technologies commonly used in this area.*

1. Introdução

O processo eleitoral é peça fundamental para uma democracia, e tem ainda mais importância no Estado Democrático de Direito como é o caso do Brasil, por isso, assegurar

a confiabilidade e privacidade do voto é uma questão de necessidade. Vários sistemas eleitorais já foram implementados ao longo do tempo, desde o voto falado e o levantar das mãos até o voto impresso e as urnas eletrônicas, e é comum que esses métodos sejam questionados para que a melhoria contínua seja buscada, principalmente num cenário onde a tecnologia evolui constantemente. Com o surgimento do blockchain, por exemplo, os cientistas e engenheiros são novamente desafiados a encontrar as mais variadas aplicações para uma tecnologia, que nesse caso, consegue explorar o potencial de um *ledger* descentralizado que, baseado em um protocolo, armazena registros imutáveis em uma sequência de blocos ordenados, de forma distribuída, criptografada e publicamente aditável.

Sendo assim, o cenário politicamente aquecido e sob uma iminente eleição; os questionamentos à segurança do processo eleitoral que surgem eventualmente; e a crescente do blockchain, aliada a sua potencial aplicabilidade em sistemas de votação e capacidade de descentralizar o processo eleitoral, motivam a execução dessa revisão sistemática, que objetiva mapear o estado da arte sobre a utilização de tecnologias baseadas em blockchain para sistemas seguros de votação eletrônica, e para fazê-lo, definimos a seguinte questão-problema principal: "Quais as principais tecnologias em blockchain utilizadas para sistemas de votação eletrônica?"; E a seguinte questão-problema secundária: "Quais soluções de blockchain podem ser utilizadas para combater problemas de segurança?".

2. Relato da Revisão de Literatura

Com o tema e objetivo definidos, escrevemos as questões de pesquisa de tal modo que, ao respondê-las, seja possível ter uma visão geral da fronteira do conhecimento sobre a aplicação de blockchain em sistema de votação eletrônica, e relacionar as principais tecnologias e soluções que combatem problemas de segurança e/ou que são amplamente utilizadas/apresentadas no estado da arte, com o objetivo de nos tornarmos conhecedores da área e poder elucubrar lacunas de pesquisa.

As palavras-chave foram definidas com base nos dois grandes conceitos postos no tema: Blockchain e Votação eletrônica. Dessa forma, E-voting e Blockchain se tornam palavras chaves, junto com alguns *aliases*/sinônimos, como: voting, Block-chain, block chain, voting system, Electronic voting systems, blockchain technology, blockchain based e-voting system e secure e-voting.

Os artigos serão buscados no repositório científico IEEE Xplore - disponível em <<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>> -, e serão incluídos na revisão sistemática aqueles que foram publicados nos últimos 5 anos, e atenderem a pelo menos um dos critérios de inclusão e não se enquadrarem no critério de exclusão E1, enquanto os que não atenderem a nenhum critério de inclusão, serão excluídos caso se enquadrem em algum critério de exclusão, os demais serão considerados não classificados e poderão ser revisitados caso os artigos selecionados não sejam suficientes para responder às questões de pesquisa.

O intervalo de tempo foi definido para que sejam incluídos apenas trabalhos no estado da arte, e os critérios de seleção - representados na Tabela 1 - foram construídos de modo que apenas trabalhos que tratem do tema ou de tópicos de interesse para o domínio de votação eletrônica e blockchain sejam elencados, em especial, o critério de exclusão E1

foi definido para excluir trabalhos que podem aparecer nas buscas, porque se trata de um tópico expoente e fundamental para blockchain, mas que não contribuiria necessariamente para responder nossas questões de pesquisa.

A string de busca base é: *blockchain AND ("blockchain based e-voting system") OR ("Electronic voting system" OR "e-voting")* e foi montada com base nas palavras chave. Para fazer melhor uso do motor de busca do repositório científico selecionado, algumas mudanças foram feitas na string base especificamente para o IEEE Xplore: *"Document Title":blockchain AND ("All Metadata": "e-voting system" OR "All Metadata": "Electronic voting system" OR "All Metadata": "e-voting")*.

Tabela 1. Critérios de seleção.

Identificação	Descrição
I1	Apresenta o blockchain como solução para sistemas de votação seguros.
I2	Trata de tecnologias para segurança em blockchain.
E1	Apresenta uma abordagem com foco em Criptomoedas.
E2	Apresenta uma abordagem com foco em Supply chain.
E3	Apresenta uma abordagem com foco em IOT.

2.1. Resultados Parciais

Na etapa de busca dos trabalhos, foram retornados 74 (setenta e quatro) artigos no repositório científico IEEE Xplore, como ilustrado na Figura 1. Destes, 69 (sessenta e nove) foram aceitos seguindo os critérios de seleção, e por consequência, 5 (cinco) foram rejeitados, essa representação gráfica pode ser visualizada na Figura 2.

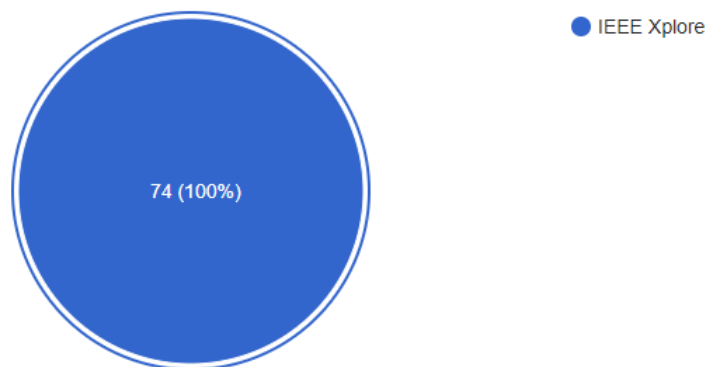


Figura 1. Trabalhos retornados por repositório científico.

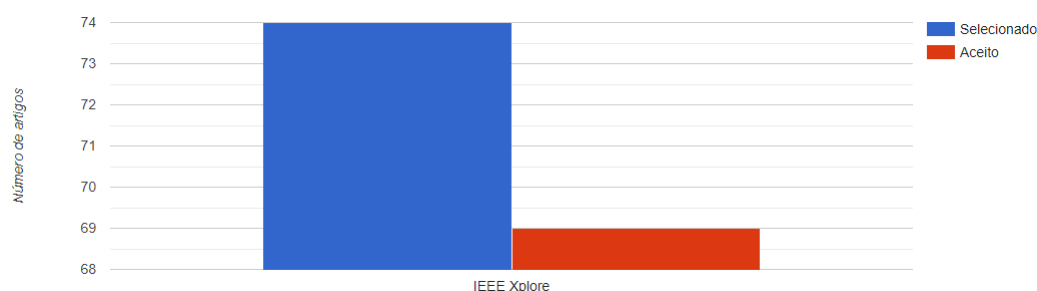


Figura 2. Trabalhos aceitos por repositório científico.

Ao final da etapa de seleção, a distribuição dos critérios de inclusão e exclusão se deu como ilustrado na Figura 3. De modo que, o critério de inclusão I1 foi utilizado com mais frequência, o que demonstra que a questão central de pesquisa tende a ser respondida. Somado a isto, o critério de inclusão I2 também foi utilizado, e incluiu 5 (cinco) trabalhos nesta etapa, considerando isto - e o apoio dos outros 64 (sessenta e quatro) artigos incluídos pelo I1 - também existe uma tendência de resolução da questão secundária de pesquisa.

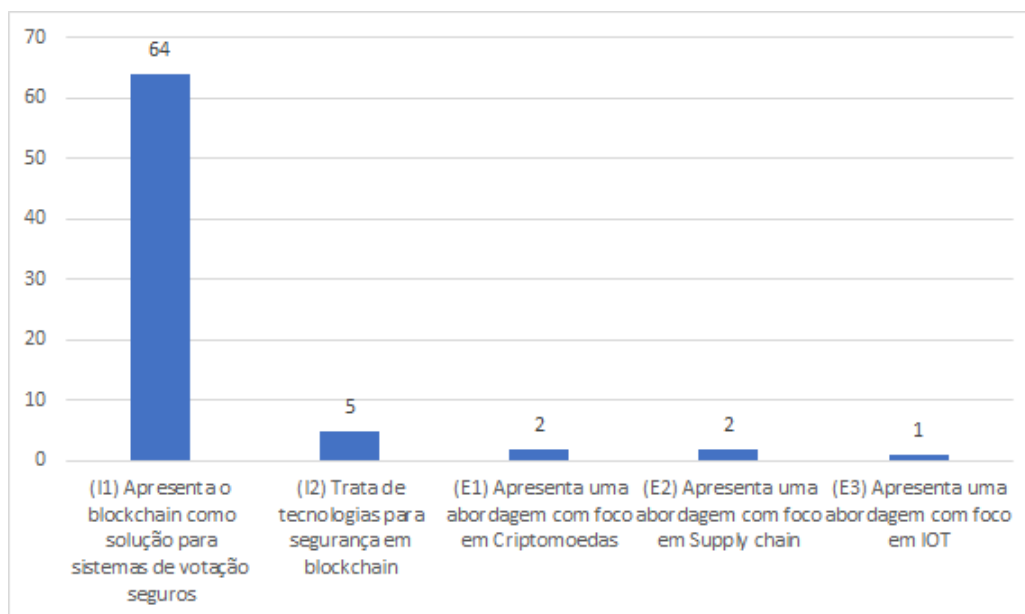


Figura 3. Distribuição dos trabalhos por critérios de seleção

2.2. Análise Qualitativa dos Resultados

Durante a etapa de extração houve 6 (seis) casos especiais de trabalhos que não obtivemos acesso pelo IEEE Xplore, nem conseguimos solicitar o texto completo via ResearchGate, e por consequência não os referenciaremos aqui, tampouco na planilha-resumo, desse modo, eles serão removidos dessa revisão sistemática de pesquisa.

Dito isto, embasados nos outros 63 (sessenta e três) artigos lidos e com as devidas informações extraídas, observamos que, ao longo dos trabalhos, várias tecnologias foram apresentadas como soluções em potencial na construção de um Sistema Eletrônico de

Votação, ou Electronic Voting System (EVS), que basicamente formam dois grandes conjuntos: o dos sistemas baseados em tokens ou criptomoedas; E o dos sistemas baseados em Smart Contracts (SC) [Doost et al. 2020].

No geral, os EVS baseados em token utilizam as tecnologias da blockchain para prover carteiras digitais (*digital wallets*) para os eleitores e para os candidatos da eleição, de modo que, cada carteira representa um indivíduo e armazena os tokens da eleição. No caso dos eleitores, os tokens representam o direito ao voto, e são distribuídos apenas uma vez e somente para os que são devidamente autenticados e possuem o direito ao voto [Patidar and Jain 2019]. No momento em que o eleitor lança seu voto no sistema, o token é transferido da sua carteira para a carteira do candidato escolhido, dessa forma, é possível garantir a integridade da votação e evitar o chamado *Double Vote*, ou voto duplo, onde um mesmo eleitor consegue votar duas ou mais vezes. Vale ressaltar que, o anonimato é garantido, e não deve ser possível associar um voto ao eleitor.

Já para os candidatos, os tokens armazenados nas wallets representam a quantidade de votos recebidos, de modo que na etapa de contagem dos votos, basta contabilizar o número de tokens associados a carteira de cada candidato. Esse tipo de eleição pode ser chamado de *Token-Holder Election*, e em termos de tecnologia, algumas soluções como o NetVote e o Agora proveem suporte, como explicado em [Hjálmarsson et al. 2018]

Quanto aos EVS baseados em SC, a tecnologia de contratos inteligentes se mostra fundamental na estrutura da solução, e basicamente se trata de uma aplicação ou um trecho de código imutável e rastreável, que é executado na blockchain com a proposta de vincular duas partes sob um acordo, de forma totalmente descentralizada e sem necessidade de um intermediário, já que, baseado nas condições definidas no contrato, ele se auto executa [Puneet et al. 2021] e [Hjálmarsson et al. 2018]. Essa tecnologia tende a apresentar boa aplicabilidade para os EVS, e como ilustrado na Figura 4, 50 (cinquenta) trabalhos apresentaram os SC como solução tecnológica para EVS. Esses contratos determinam as regras de interação com a blockchain, e na maioria dos trabalhos são definidos contratos para registro do voto e outros contratos auxiliares para suportarem o processo eleitoral, e estes por sua vez, são acessíveis por alguma aplicação descentralizada, também chamada de Decentralized Apps (dApp).

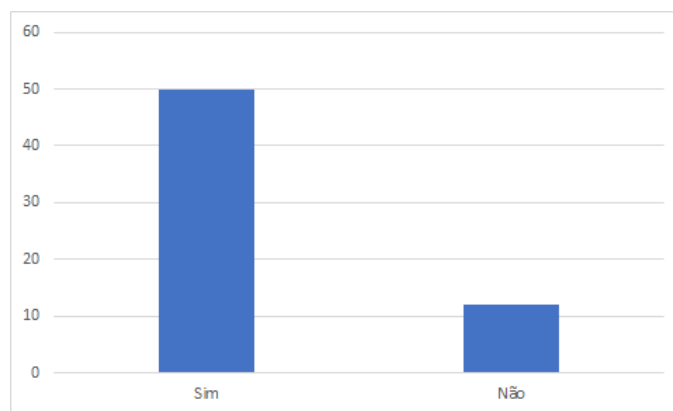


Figura 4. Uso de smart contracts

Outro ponto interessante, no tocante às principais tecnologias em blockchain utilizadas para EVS, é a força da rede Ethereum nesse tipo de solução, que foi amplamente

utilizada, como pode ser observado na Figura 5, que reflete a distribuição das tecnologias utilizadas nos trabalhos encontrados como potencial solução para EVS, e nesse sentido, vale apontar que 10 (dez) trabalhos não apresentaram nenhum tipo de rede ou protocolo de blockchain em específico, e trabalharam em cima de estruturas abstratas de blockchain que poderiam ser implementadas por n redes/protocolos.

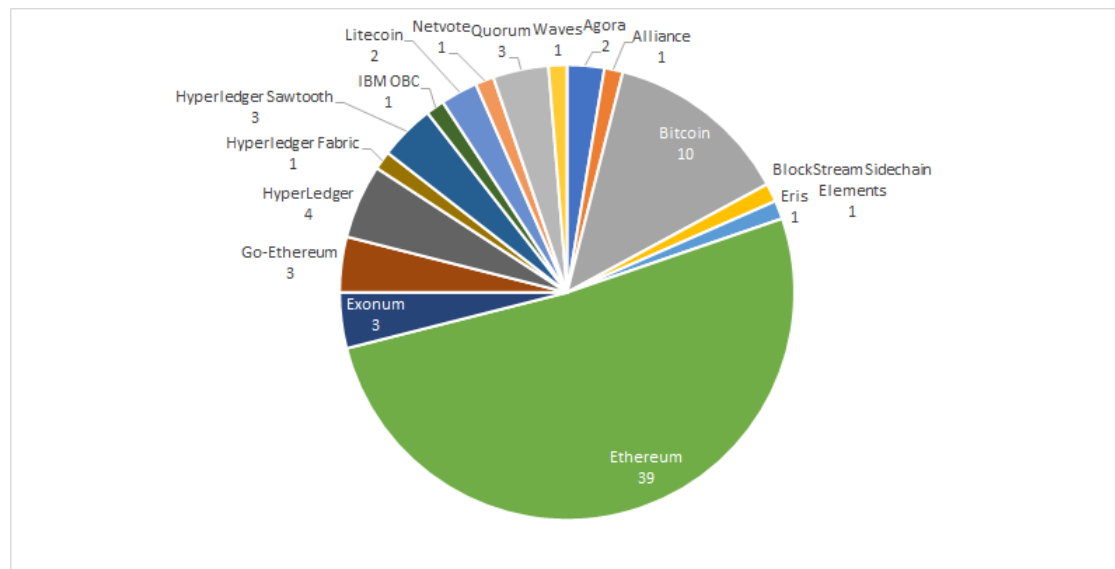


Figura 5. Apresentação de rede ou protocolo de blockchain por trabalho

Uma preocupação que é notadamente plausível e foi apresentada em todos os artigos lidos é a criptografia e a segurança no tráfego das informações, entretanto, a implementação de um EVS baseado em blockchain, pela natureza da tecnologia, já apresenta mecanismos de segurança, como a utilização de *hash functions*: Funções que, baseadas em um algoritmo, transformam qualquer input em uma *string* criptografada de tamanho fixo, de modo que a operação inversa é computacionalmente inviável, e isso é utilizado para identificar os blocos na rede com *hashes* imutáveis, que são referenciados no próximo bloco, de uma forma que a fraude é inviável. Camadas de segurança como esta são aplicadas naturalmente nos blocos de informação da rede de blockchain como dito em [B et al. 2019] e [Singh and Chatterjee 2018], o que torna essa tecnologia extremamente confiável e segura. Dessa forma, a preocupação real volta-se para os meios de tráfego dos dados, a interface que interage com o usuário na ponta, e como os dados serão criptografados para serem inseridos na rede, de modo a garantir a imutabilidade.

3. Conclusões

Como visto em [Hjálmarsson et al. 2018], existe um problema claro no uso de blockchains públicas nos sistemas baseados em token, porque nesse cenário, é necessário que a entidade que está organizando a eleição adquira os tokens da blockchain que será utilizada, para que esses tokens possam ser distribuídos para os eleitores qualificados, como é inviável prever a taxa de abstenção e comprar a quantidade correta de tokens, e a compra em quantidade menor poderia impedir que um eleitor elegível votasse, seria necessário a compra previa de tokens para toda a população elegível, podendo gerar custos desnecessários e desperdício de tokens. Como a blockchain pública também tem suas vantagens,

como mais transparência - por não centralizar o poder de dar e retirar acesso a escrita/leitura a uma entidade - e menos custo com infraestrutura - já que as operações de validação da transação serão realizadas por *nodes* da rede pública -, é interessante que se faça uma pesquisa e se construa uma proposta de melhora nesses modelos de EVS.

Independentemente do tipo de EVS, percebemos que existe uma oportunidade de pesquisa sobre métricas, resultados e experimentações, dado a falta de experimentos em eleições de grande porte como mostrado em [Kshetri and Voas 2018], pode ser realizado um trabalho de implementação e experimentação dos trabalhos no estado da arte em processos eleitorais de grande porte, como uma eleição presidencial no Brasil. Além disso existe uma falta de métricas e indicadores utilizados para mensurar a eficácia contra o combate à problemas de segurança, e padronização dos requerimentos e procedimentos de segurança, a fim de facilitar a implantação desse tipo de sistema em conformidade com as legislações ao redor do mundo.

Referências

- Abuidris, Y., Hassan, A., Hadabi, A., and Elfadul, I. (2019). Risks and opportunities of blockchain based on e-voting systems. In *2019 16th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing*, pages 365–368.
- Adeshina, S. A. and Ojo, A. (2019). Maintaining voting integrity using blockchain. In *2019 15th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, pages 1–5.
- Adiputra, C. K., Hjort, R., and Sato, H. (2018). A proposal of blockchain-based electronic voting system. In *2018 Second World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4)*, pages 22–27.
- Agbesi, S. and Asante, G. (2019). Electronic voting recording system based on blockchain technology. In *2019 12th CMI Conference on Cybersecurity and Privacy (CMI)*, pages 1–8.
- Al Barghuthi, N. B., Hamdan, I., Al Suwaidi, S., Lootah, A., Al Amoudi, B., Al Shamsi, O., and Al Aryani, S. (2019). An analytical view on political voting system using blockchain technology - uae case study. In *2019 Sixth HCT Information Technology Trends (ITT)*, pages 132–137.
- Al-Maaaitah, S., Qatawneh, M., and Quzmar, A. (2021). E-voting system based on blockchain technology: A survey. In *2021 International Conference on Information Technology (ICIT)*, pages 200–205.
- Al-madani, A. M., Gaikwad, A. T., Mahale, V., and Ahmed, Z. A. (2020). Decentralized e-voting system based on smart contract by using blockchain technology. In *2020 International Conference on Smart Innovations in Design, Environment, Management, Planning and Computing (ICSIDEMPC)*, pages 176–180.
- Alam, A., Zia Ur Rashid, S. M., Abdus Salam, M., and Islam, A. (2018). Towards blockchain-based e-voting system. In *2018 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET)*, pages 351–354.

- Alvi, S. T., Uddin, M. N., and Islam, L. (2020a). Digital voting: A blockchain-based e-voting system using biohash and smart contract. In *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, pages 228–233.
- Alvi, S. T., Uddin, M. N., Islam, L., and Ahamed, S. (2020b). From conventional voting to blockchain voting: Categorization of different voting mechanisms. In *2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)*, pages 1–6.
- Andrian, H. R., Kurniawan, N. B., and Suhardi (2018). Blockchain technology and implementation : A systematic literature review. In *2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, pages 370–374.
- Angsuchotmetee, C., Setthawong, P., and Udomviriyalanon, S. (2019). Blockvote : An architecture of a blockchain-based electronic voting system. In *2019 23rd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, pages 110–116.
- Anilkumar, V., Joji, J. A., Afzal, A., and Sheik, R. (2019). Blockchain simulation and development platforms: Survey, issues and challenges. In *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)*, pages 935–939.
- B, S. and E, P. (2020). Methods and techniques for privacy preserving in blockchain. In *2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, pages 1346–1351.
- B, S., V, R. T., Krishna M P, N., J, B. R., Arvinth M, S., and Alagappan, D. M. (2019). Secured electronic voting system using the concepts of blockchain. In *2019 IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, pages 0675–0681.
- Bosri, R., Uzzal, A. R., Omar, A. A., Hasan, A. S. M. T., and Bhuiyan, M. Z. A. (2019). Towards a privacy-preserving voting system through blockchain technologies. In *2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCom/CyberSci-Tech)*, pages 602–608.
- Bulut, R., Kantarcı, A., Keskin, S., and Bahtiyar, (2019). Blockchain-based electronic voting system for elections in turkey. In *2019 4th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, pages 183–188.
- Canessane, R. A., Srinivasan, N., Beuria, A., Singh, A., and Kumar, B. M. (2019). Decentralised applications using ethereum blockchain. In *2019 Fifth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM)*, volume 1, pages 75–79.
- Chaisawat, S. and Vorakulpipat, C. (2020). Fault-tolerant architecture design for blockchain-based electronics voting system. In *2020 17th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, pages 116–121.
- Cheema, M. A., Ashraf, N., Aftab, A., Qureshi, H. K., Kazim, M., and Azar, A. T. (2020). Machine learning with blockchain for secure e-voting system. In *2020 First International Conference of Smart Systems and Emerging Technologies (SMARTTECH)*, pages 177–182.

- Doost, M., Kavousi, A., Mohajeri, J., and Salmasizadeh, M. (2020). Analysis and improvement of an e-voting system based on blockchain. In *2020 28th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)*, pages 1–4.
- Faour, N. (2019). Transparent e-voting dapp based on waves blockchain and ride language. In *2019 XVI International Symposium "Problems of Redundancy in Information and Control Systems"(REDUNDANCY)*, pages 219–223.
- Febriyanto, E., Triyono, Rahayu, N., Pangaribuan, K., and Sunarya, P. A. (2020). Using blockchain data security management for e-voting systems. In *2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, pages 1–4.
- Fernandes, A., Garg, K., Agrawal, A., and Bhatia, A. (2021). Decentralized online voting using blockchain and secret contracts. In *2021 International Conference on Information Networking (ICOIN)*, pages 582–587.
- Gao, S., Zheng, D., Guo, R., Jing, C., and Hu, C. (2019). An anti-quantum e-voting protocol in blockchain with audit function. *IEEE Access*, 7:115304–115316.
- Garg, K., Saraswat, P., Bisht, S., Aggarwal, S. K., Kothuri, S. K., and Gupta, S. (2019). A comparative analysis on e-voting system using blockchain. In *2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, pages 1–4.
- Giraldo, F. D., Milton C., B., and Gamboa, C. E. (2020). Electronic voting using blockchain and smart contracts: Proof of concept. *IEEE Latin America Transactions*, 18(10):1743–1751.
- Hanifatunnisa, R. and Rahardjo, B. (2017). Blockchain based e-voting recording system design. In *2017 11th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)*, pages 1–6.
- Hjálmarsson, F. , Hreiðarsson, G. K., Hamdaqa, M., and Hjálmtýsson, G. (2018). Blockchain-based e-voting system. In *2018 IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*, pages 983–986.
- Ibrahim, M., Ravindran, K., Lee, H., Farooqui, O., and Mahmoud, Q. H. (2021). Election-block: An electronic voting system using blockchain and fingerprint authentication. In *2021 IEEE 18th International Conference on Software Architecture Companion (ICSAC)*, pages 123–129.
- Jain, H., Oak, R., and Bansal, J. (2019). Towards developing a secure and robust solution for e-voting using blockchain. In *2019 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE)*, pages 1–6.
- K., L. P., Reddy, M. K., and Manohar Reddy, L. M. (2020). An integrated and robust evoting application using private blockchain. In *2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184)*, pages 842–846.
- Kashyap, S. and Jeyasekar, A. (2020). A competent and accurate blockchain based e-voting system on liquid democracy. In *2020 2nd Conference on Blockchain Research Applications for Innovative Networks and Services (BRAINS)*, pages 202–203.
- Kaudare, A., Hazra, M., Shelar, A., and Sabnis, M. (2020). Implementing electronic voting system with blockchain technology. In *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, pages 1–9.

- Khandelwal, A. (2019). Blockchain implimentation on e-voting system. In *2019 International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, pages 385–388.
- Killer, C., Rodrigues, B., Scheid, E. J., Franco, M., Eck, M., Zaugg, N., Scheitlin, A., and Stiller, B. (2020). Provotum: A blockchain-based and end-to-end verifiable remote electronic voting system. In *2020 IEEE 45th Conference on Local Computer Networks (LCN)*, pages 172–183.
- Košťál, K., Bencel, R., Ries, M., and Kotuliak, I. (2019). Blockchain e-voting done right: Privacy and transparency with public blockchain. In *2019 IEEE 10th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, pages 592–595.
- Kshetri, N. and Voas, J. (2018). Blockchain-enabled e-voting. *IEEE Software*, 35(4):95–99.
- Li, H., Li, Y., Yu, Y., Wang, B., and Chen, K. (2021). A blockchain-based traceable self-tallying e-voting protocol in ai era. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 8(2):1019–1032.
- Lin, Y. and Zhang, P. (2019). Blockchain-based complete self-tallying e-voting protocol. In *2019 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)*, pages 47–52.
- Matile, R., Rodrigues, B., Scheid, E., and Stiller, B. (2019). Caiv: Cast-as-intended verifiability in blockchain-based voting. In *2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, pages 24–28.
- Murtaza, M. H., Alizai, Z. A., and Iqbal, Z. (2019). Blockchain based anonymous voting system using zkSNARKs. In *2019 International Conference on Applied and Engineering Mathematics (ICAEM)*, pages 209–214.
- Odaudu, S. N., Imeh, U. J., and Abubakar, U. (2019). Bids: Blockchain based intrusion detection system for electoral process. In *2019 15th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, pages 1–15.
- Patidar, K. and Jain, S. (2019). Decentralized e-voting portal using blockchain. In *2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, pages 1–4.
- Pramulia, D. and Anggorojati, B. (2020). Implementation and evaluation of blockchain based e-voting system with ethereum and metamask. In *2020 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)*, pages 18–23.
- Puneet, Chaudhary, A., Chauhan, N., and Kumar, A. (2021). Decentralized voting platform based on ethereum blockchain. In *2021 International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT)*, pages 1–4.
- Rathee, G., Iqbal, R., Waqar, O., and Bashir, A. K. (2021). On the design and implementation of a blockchain enabled e-voting application within iot-oriented smart cities. *IEEE Access*, 9:34165–34176.
- Rathore, D. and Ranga, V. (2021). Secure remote e-voting using blockchain. In *2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, pages 282–287.

- Roopak, T. and Sumathi, R. (2020). Electronic voting based on virtual id of aadhar using blockchain technology. In *2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*, pages 71–75.
- Rosasooria, Y., Mahamad, A. K., Saon, S., Isa, M. A. M., Yamaguchi, S., and Ahmadon, M. A. (2020). E-voting on blockchain using solidity language. In *2020 Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*, pages 1–6.
- Seftyanto, D., Amiruddin, A., and Hakim, A. R. (2019). Design of blockchain-based electronic election system using hyperledger: Case of indonesia. In *2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, pages 228–233.
- Shahzad, B. and Crowcroft, J. (2019). Trustworthy electronic voting using adjusted blockchain technology. *IEEE Access*, 7:24477–24488.
- Sheer Hardwick, F., Gioulis, A., Naeem Akram, R., and Markantonakis, K. (2018). E-voting with blockchain: An e-voting protocol with decentralisation and voter privacy. In *2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, pages 1561–1567.
- Singh, A. and Chatterjee, K. (2018). Secevs : Secure electronic voting system using blockchain technology. In *2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, pages 863–867.
- Sisodiya, V. S. and Garg, H. (2020). A comprehensive study of blockchain and its various applications. In *2020 International Conference on Power Electronics IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)*, pages 475–480.
- Suyitno, D., Aladhirus, B. R., and Wardhani, R. W. (2020). Design and implementation of smart card based secure key storage the blockchain e-voting application. In *2020 1st International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering (ICITAMEE)*, pages 259–264.
- Tyagi, A. K., Fernandez, T. F., and Aswathy, S. U. (2020). Blockchain and aadhaar based electronic voting system. In *2020 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, pages 498–504.
- V., V. and S., V. (2019). A novel p2p based system with blockchain for secured voting scheme. In *2019 Fifth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM)*, volume 1, pages 153–156.
- Vairam, T., Sarathambekai, S., and Balaji, R. (2021). Blockchain based voting system in local network. In *2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, volume 1, pages 363–366.
- Vivek, S., Yashank, R., Prashanth, Y., Yashas, N., and Namratha, M. (2020). E-voting systems using blockchain: An exploratory literature survey. In *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, pages 890–895.

Yavuz, E., Koç, A. K., Çabuk, U. C., and Dalkılıç, G. (2018). Towards secure e-voting using ethereum blockchain. In *2018 6th International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)*, pages 1–7.

Zaghloul, E., Li, T., and Ren, J. (2021). d-bame: Distributed blockchain-based anonymous mobile electronic voting. *IEEE Internet of Things Journal*, pages 1–1.

4. Planilha-resumo de Resultados

Tabela 2. Planilha-resumo dos trabalhos selecionados.

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Singh, A. and Chatterjee, K. (2018). Secevs : Secure electronic voting system using blockchain technology. In <i>2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)</i> , pages 863–867	X					O trabalho tem um enfoque em estratégias de segurança de EVS e não apresenta nenhum protocolo ou rede de blockchain em específico; Trata de problemas de segurança de maneira geral, double vote, privacy e confidentiality, mas não apresenta métricas e indicadores para mensurar a eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O ponto forte desse artigo é o detalhamento sob os processos e camadas de segurança na blockchain, com destaque aos processos, algoritmos, funções e conceitos de encriptação no combate às fraudes no geral.
Kshetri, N. and Voas, J. (2018). Blockchain-enabled e-voting. <i>IEEE Software</i> , 35(4):95–99	X					O artigo apresenta alternativas em blockchain para EVS, como um destaque para a rede Ethereum e discorre um pouco sobre soluções e ferramentas de blockchain. Apresenta pontualmente questões relacionadas à segurança e alternativas de contorná-las, mas nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O artigo apresenta várias alternativas de blockchain, os e os desafios que são encontrados para sua implantação, bem como seus benefícios e aplicações reais.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Doost, M., Kavousi, A., Mohajeri, J., and Salmasizadeh, M. (2020). Analysis and improvement of an e-voting system based on blockchain. In <i>2020 28th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)</i> , pages 1–4	X					O trabalho não dá ênfase a nenhuma rede ou protocolo de blockchain em específico, mas usa a rede Bitcoin para exemplificar a aplicação de blockchain em EVS, desenvolve vários problemas de segurança, não só de tecnologia mas também de problemas que podem afetar o processo eleitoral no geral, e também apresenta algumas formas de contornar esses problemas; Não apresenta métricas e indicadores para mensurar a eficácia contra o combate à problemas de segurança .	Por não dar ênfase à um protocolo em específico, o artigo traz achados muito importantes, por tratar de soluções no geral, suas limitações e benefícios, também trata das características importantes que precisam ser alcançadas por um EVS e várias análises sobre trabalhos no estado da arte.
Patidar, K. and Jain, S. (2019). Decentralized e-voting portal using blockchain. In <i>2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)</i> , pages 1–4	X					O trabalho traz um foco maior da rede Ethereum, mas apresenta uma série de soluções e ferramentas em blockchain relacionadas a EVS, trata de mecanismos de consenso, funcionamento da blockchain e de alguns problemas de segurança como double vote e vote tampering, assim como soluções para contorná-los, mas nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança é apresentada.	É um artigo muito interessante e que apresenta uma solução baseada na rede Ethereum e uma dApp, com detalhes da implementação e do funcionamento da rede Ethereum.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Hjálmarsson, F. , Hreiðarsson, G. K., Hamdaqa, M., and Hjálmtýsson, G. (2018). Blockchain-based e-voting system. In <i>2018 IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)</i> , pages 983–986	X					O trabalho aborda uma série de redes e protocolos de Blockchain, assim como ferramentas e soluções, vulnerabilidades comuns nos EVS, como Sybil attack, timing attack e DDos, e também traz estratégias para solucioná-las, mas nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança é apresentada.	O artigo traz com muitos detalhes os diferentes tipos de blockchain e seus funcionamentos no tocante aos algoritmos de consenso, também apresenta soluções plausíveis para o problema proposto, e arquiteturas de blockchain para sanar problemas de segurança.
Puneet, Chaudhary, A., Chauhan, N., and Kumar, A. (2021). Decentralized voting platform based on ethereum blockchain. In <i>2021 International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT)</i> , pages 1–4	X					O trabalho apresenta uma solução de EVS baseada na blockchain Ethereum, aponta alguns problemas de segurança, e principalmente, problemas de segurança não necessariamente relacionados com blockchain, mas sim com soluções de EVS no geral, traz algumas estratégias para conter esses problemas de segurança, mas nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança é apresentada.	O trabalho apresenta um overview da implementação da solução baseada em blockchain, com um detalhamento maior no processo eleitoral e o fluxo seguido pelo eleitor, além de apresentar diversas ferramentas para trabalhar e desenvolver na rede Ethereum.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
B, S., V, R. T., Krishna M P, N., J, B. R., Arvindh M, S., and Alagappan, D. M. (2019). Secured electronic voting system using the concepts of blockchain. In <i>2019 IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)</i> , pages 0675–0681	X					Este trabalho traz foco em segurança de EVS, e apresenta algumas frameworks de blockchain como Exonum, Quorum, e Go-Ethereum, traz fortemente conceitos de smart contracts, e diversos problemas de segurança que podem afetar esse tipo de sistema, bem como algumas alternativas para evitar ou remediar, mas nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança é apresentada.	O artigo discorre com veemência sobre problemas de segurança, algoritmos de encriptação, funcionamento e tipos de blockchain, segurança em embarcados e análise dos problemas de segurança mitigados com a solução proposta.
Odaudu, S. N., Imeh, U. J., and Abubakar, U. (2019). Bids: Blockchain based intrusion detection system for electoral process. In <i>2019 15th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)</i> , pages 1–15	X					O trabalho se baseia numa blockchain abstrata, e não apresenta nenhuma implementação prática nesse sentido, tampouco relaciona ferramentas e soluções que poderiam ser utilizadas, entretanto, cita, exemplifica e propõe soluções para problemas de segurança como database hacking, identity theft, 51% attack e miners collusion. E não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O trabalho discorre muito sobre Intrusion Detection System (IDS), seus benefícios, aplicações e detalhes de implantação em EVS, e também ilustra o processo eleitoral e como ele poderia acontecer numa solução baseada em blockchain.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Murtaza, M. H., Alizai, Z. A., and Iqbal, Z. (2019). Blockchain based anonymous voting system using zksnarks. In <i>2019 International Conference on Applied and Engineering Mathematics (ICAEM)</i> , pages 209–214	X					O trabalho não apresenta sua solução com uma implementação específica de blockchain, e mantém uma blockchain abstrata, em contrapartida, apresenta uma estratégia de autenticação robusta baseada em blockchain; também apresenta problemas com criptografia que podem acometer esse tipo de sistema, e algumas ferramentas para combatê-las, mas não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O trabalho traz um quadro comparativo sobre os EVS já implantados ao redor do mundo, propõe uma solução baseada em blockchain com uma estrutura de autenticação muito robusta, e mecanismos de segurança bem definidos, um ponto forte do artigo é o detalhamento do processo eleitoral utilizando o sistema proposto, juntamente com suas análises de performance.
Khandelwal, A. (2019). Blockchain implementation on e-voting system. In <i>2019 International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)</i> , pages 385–388	X					O trabalho não se baseia em nenhuma blockchain específica, ao passo que apresenta Ethereum e Sawtooth como candidatas nesse tipo de sistema, aborda de forma rasa alguns problemas de segurança como vote tampering, e mostra a solução viável do estado da arte. E não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	No geral, o artigo faz um trabalho de análise do estado da arte, traz um quadro comparativo e levanta algumas tecnologias, problemas e soluções já propostas.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Anilkumar, V., Joji, J. A., Afzal, A., and Sheik, R. (2019). Blockchain simulation and development platforms: Survey, issues and challenges. In <i>2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)</i> , pages 935–939	X					O trabalho apresenta diversas redes/protocolos de blockchain, e discorre sobre Smart Contracts e tecnologias envolvidas nesse processo, mas não aborda nenhum problema específico de segurança, e não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O artigo faz um trabalho de análise sobre as alternativas de blockchain no mercado, com detalhamento de qualidades e limitações, e elege Ethereum como melhor alternativa, e a partir deste ponto apresenta ferramentas e soluções para desenvolvimento na plataforma Ethereum.
Matile, R., Rodrigues, B., Scheid, E., and Stiller, B. (2019). Caiv: Cast-as-intended verifiability in blockchain-based voting. In <i>2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)</i> , pages 24–28		X				O artigo apresenta as redes do Bitcoin e do Ethereum como alternativas à EVS, fala sobre Smart Contract como solução de blockchain viável, apresenta problemas de segurança baseados em encriptação, e o ElGamal cryptosystem como solução, mas não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O artigo discorre sobre blockchain e a utilização de Smart Contracts em EVS, e apresenta uma solução focada na verificabilidade do voto, além de diversas estratégias de contagem e registro destes.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Zaghloul, E., Li, T., and Ren, J. (2021). d-bame: Distributed blockchain-based anonymous mobile electronic voting. <i>IEEE Internet of Things Journal</i> , pages 1–1	X					O trabalho dá foco na rede Ethereum, e apresenta soluções de blockchain baseadas nele; Discorre sobre problemas comuns no processo eleitoral baseado em EVS, e algumas soluções baseadas em blockchain para saná-los; Por fim, apresenta quadros comparativos, resultados empíricos e definições e teoremas que se propõem a assegurar as qualidades e premissas que devem ser atendidas para a construção de um EVS considerado viável pelos autores. O texto apresenta como o tamanho das chaves de encriptação no processo de encriptação podem ser um indicador de eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O artigo implementa e detalha diversos algoritmos que podem ser utilizados para assegurar a segurança do EVS, bem como diferentes estratégias de utilização das tecnologias de blockchain, além de apresentar resultados empíricos e comparações de performance.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Al-madani, A. M., Gaikwad, A. T., Mahale, V., and Ahmed, Z. A. (2020). Decentralized e-voting system based on smart contract by using blockchain technology. In <i>2020 International Conference on Smart Innovations in Design, Environment, Management, Planning and Computing (ICSIDEMPC)</i> , pages 176–180	X					O trabalho dá foco na rede Ethereum como rede/protocolo de blockchain, além de apresentar diversas ferramentas para trabalhar em conjunto com ele, e a tecnologia de Smart Contracts como protagonista da solução proposta. Apresenta o problema de segurança de double vote, e detalha como a estrutura de blockchain pode sanar o problema. E não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O artigo traz uma visão mais global da solução, incluindo o front e back ends da aplicação proposta, traz a ideia de voto remoto, fora de uma estação própria para a votação, e ilustra com detalhes o processo eleitoral, inclusive detalhes de implementação, e como cada ferramenta tem seu papel no desenvolvimento na rede Ethereum.
Fernandes, A., Garg, K., Agrawal, A., and Bhatia, A. (2021). Decentralized online voting using blockchain and secret contracts. In <i>2021 International Conference on Information Networking (ICOIN)</i> , pages 582–587	X					O trabalho dá foco na off-chain Enigma, e na rede Ethereum como rede/protocolos de blockchain, além de apresentar diversas ferramentas para trabalhar em conjunto com esses protocolos. Apresenta o problema de segurança de double vote e vote tampering, e detalha como a estrutura de blockchain pode sanar o problema. E não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O trabalho apresenta uma solução baseada em token, discorre sobre várias ferramentas auxiliares no desenvolvimento com Ethereum e Enigma, e relata a interoperabilidade entre essas redes.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Agbesi, S. and Asante, G. (2019). Electronic voting recording system based on blockchain technology. In <i>2019 12th CMI Conference on Cybersecurity and Privacy (CMI)</i> , pages 1–8	X					O trabalho apresenta várias alternativas de redes de blockchain para EVS, foca na tecnologia de Smart Contracts e traz como um grande problema de segurança o vote tampering, apresentando algumas alternativas de criptografia e utilização de tokens para sanar o problema, mas não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O artigo apresenta uma extensa análise sobre o estado da arte, e apresenta conceitos de forma muito detalhada sobre esse ecossistema de blockchain, além de apresentar o funcionamento e os tipos de blockchain, e seus benefícios e limitações. Também propõe uma solução de forma detalhada, e exemplifica o papel de cada entidade no processo eleitoral com o sistema proposto.
Shahzad, B. and Crowcroft, J. (2019). Trustworthy electronic voting using adjusted blockchain technology. <i>IEEE Access</i> , 7:24477–24488	X					O artigo apresenta as redes Bitcoin e Ethereum, e tipos de soluções de consenso da blockchain. Apresenta problema de segurança de encriptação, e indica como o processo de hashing, e seus algoritmos podem sanar o problema, mas não apresenta nenhuma métrica ou indicador para comprovar eficácia contra o combate à problemas de segurança.	O trabalho apresenta vários conceitos relacionados a EVS baseados em blockchain, discute sobre o processo de registro de voto na blockchain e as tecnologias de encriptação envolvidas.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Li, H., Li, Y., Yu, Y., Wang, B., and Chen, K. (2021). A blockchain-based traceable self-tallying e-voting protocol in ai era. <i>IEEE Transactions on Network Science and Engineering</i> , 8(2):1019–1032	X					-	-
Garg, K., Saraswat, P., Bisht, S., Aggarwal, S. K., Kothuri, S. K., and Gupta, S. (2019). A comparative analysis on e-voting system using blockchain. In <i>2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)</i> , pages 1–4	X					-	-
Sisodiya, V. S. and Garg, H. (2020). A comprehensive study of blockchain and its various applications. In <i>2020 International Conference on Power Electronics IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)</i> , pages 475–480		X				-	-
V., V. and S., V. (2019). A novel p2p based system with blockchain for secured voting scheme. In <i>2019 Fifth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM)</i> , volume 1, pages 153–156	X					-	-

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Adiputra, C. K., Hjort, R., and Sato, H. (2018). A proposal of blockchain-based electronic voting system. In <i>2018 Second World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4)</i> , pages 22–27	X					-	-
Al Barghuthi, N. B., Hamdan, I., Al Suwaidi, S., Lootah, A., Al Amoudi, B., Al Shamsi, O., and Al Aryani, S. (2019). An analytical view on political voting system using blockchain technology - uae case study. In <i>2019 Sixth HCT Information Technology Trends (ITT)</i> , pages 132–137	X					-	-
Gao, S., Zheng, D., Guo, R., Jing, C., and Hu, C. (2019). An anti-quantum e-voting protocol in blockchain with audit function. <i>IEEE Access</i> , 7:115304–115316	X					-	-
K., L. P., Reddy, M. K., and Manohar Reddy, L. M. (2020). An integrated and robust evoting application using private blockchain. In <i>2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184)</i> , pages 842–846	X					-	-

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Tyagi, A. K., Fernandez, T. F., and Aswathy, S. U. (2020). Blockchain and aadhaar based electronic voting system. In <i>2020 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)</i> , pages 498–504	X					-	-
Košťál, K., Bencel, R., Ries, M., and Kotuliak, I. (2019). Blockchain e-voting done right: Privacy and transparency with public blockchain. In <i>2019 IEEE 10th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)</i> , pages 592–595	X					-	-
Seftyanto, D., Amiruddin, A., and Hakim, A. R. (2019). Design of blockchain-based electronic election system using hyperledger: Case of indonesia. In <i>2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)</i> , pages 228–233	X					-	-
Rosasooria, Y., Mahamad, A. K., Saon, S., Isa, M. A. M., Yamaguchi, S., and Ahmadon, M. A. (2020). E-voting on blockchain using solidity language. In <i>2020 Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)</i> , pages 1–6	X					-	-

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Al-Maaitah, S., Qatawneh, M., and Quzmar, A. (2021). E-voting system based on blockchain technology: A survey. In <i>2021 International Conference on Information Technology (ICIT)</i> , pages 200–205	X					-	-
Ibrahim, M., Ravindran, K., Lee, H., Farooqui, O., and Mahmoud, Q. H. (2021). Election-block: An electronic voting system using blockchain and fingerprint authentication. In <i>2021 IEEE 18th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)</i> , pages 123–129	X					-	-
Roopak, T. and Sumathi, R. (2020). Electronic voting based on virtual id of aadhar using blockchain technology. In <i>2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)</i> , pages 71–75	X					-	-
Giraldo, F. D., Milton C., B., and Gamboa, C. E. (2020). Electronic voting using blockchain and smart contracts: Proof of concept. <i>IEEE Latin America Transactions</i> , 18(10):1743–1751	X					-	-

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Chaisawat, S. and Vorakulpipat, C. (2020). Fault-tolerant architecture design for blockchain-based electronics voting system. In <i>2020 17th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)</i> , pages 116–121	X					-	-
Alvi, S. T., Uddin, M. N., Islam, L., and Ahmed, S. (2020b). From conventional voting to blockchain voting: Categorization of different voting mechanisms. In <i>2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)</i> , pages 1–6	X					-	-
Pramulia, D. and Anggoroajati, B. (2020). Implementation and evaluation of blockchain based e-voting system with ethereum and metamask. In <i>2020 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)</i> , pages 18–23	X					-	-
Cheema, M. A., Ashraf, N., Aftab, A., Qureshi, H. K., Kazim, M., and Azar, A. T. (2020). Machine learning with blockchain for secure e-voting system. In <i>2020 First International Conference of Smart Systems and Emerging Technologies (SMARTTECH)</i> , pages 177–182	X					-	-

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Rathee, G., Iqbal, R., Waqar, O., and Bashir, A. K. (2021). On the design and implementation of a blockchain enabled e-voting application within iot-oriented smart cities. <i>IEEE Access</i> , 9:34165–34176	X					-	-
Killer, C., Rodrigues, B., Scheid, E. J., Franco, M., Eck, M., Zaugg, N., Scheitlin, A., and Stiller, B. (2020). Provotum: A blockchain-based and end-to-end verifiable remote electronic voting system. In <i>2020 IEEE 45th Conference on Local Computer Networks (LCN)</i> , pages 172–183	X					-	-
Rathore, D. and Ranga, V. (2021). Secure remote e-voting using blockchain. In <i>2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)</i> , pages 282–287	X					-	-

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Bosri, R., Uzzal, A. R., Omar, A. A., Hasan, A. S. M. T., and Bhuiyan, M. Z. A. (2019). Towards a privacy-preserving voting system through blockchain technologies. In <i>2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech)</i> , pages 602–608	X					-	-
Alam, A., Zia Ur Rashid, S. M., Abdus Salam, M., and Islam, A. (2018). Towards blockchain-based e-voting system. In <i>2018 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET)</i> , pages 351–354	X					-	-
Jain, H., Oak, R., and Bansal, J. (2019). Towards developing a secure and robust solution for e-voting using blockchain. In <i>2019 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE)</i> , pages 1–6	X					-	-
Faour, N. (2019). Transparent e-voting dapp based on waves blockchain and ride language. In <i>2019 XVI International Symposium "Problems of Redundancy in Information and Control Systems" (REDUNDANCY)</i> , pages 219–223	X					-	-

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Febriyanto, E., Triyono, Rahayu, N., Pangari-buan, K., and Sunarya, P. A. (2020). Using blockchain data security management for e-voting systems. In <i>2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)</i> , pages 1–4	X					-	-
Kashyap, S. and Jeyasekar, A. (2020). A competent and accurate blockchain based e-voting system on liquid democracy. In <i>2020 2nd Conference on Blockchain Research Applications for Innovative Networks and Services (BRAINS)</i> , pages 202–203	X					Esse artigo traz uma bagagem política intrínseca ao lado técnico. Há sim a justificativo do uso dos votos eletrônicos, porém para sustentar uma questão ética que no caso é a democracia representativa. O blockchain foi escolhido como critério por sua confiabilidade e segurança de modo geral em comparação aos mais atuais sistemas de criptografia e segurança. A explicação matemática do algoritmo está ligada à álgebra linear, inclusive há uma expressão chamada “Linear encryption” em um dos tópicos. Além dessa solução os contratos inteligentes também foram mencionados.	O artigo se mostra muito ambicioso em provar que o futuro do mundo é aderir esse sistema. Então, o artigo não se limita em justificar a veracidade e eficiência do que se é estudado, mas também fazer uma predição do futuro.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Hanifatunnisa, R. and Rahardjo, B. (2017). Blockchain based e-voting recording system design. In <i>2017 11th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)</i> , pages 1–6	X					Usou-se a linguagem Python, com a ajuda a IDE PyCharm. A partir disso, foi possível trabalhar com a visualização gráfica desses dados coletados. Claro que anterior a isso à artifícios que demandaram conhecimentos em banco de dados. De modo geral os resultados giraram em torno da capacidade do sistema lidar com uma estrutura de mais de 500 000 nós em um espaço de 1800 minutos. De maneira direta esses resultados os acabam discutindo muito sobre a questão performática da solução.	Em primeira instância, fez-se uma crítica ao sistema de votação em papel, lançando mão das vantagens do sistema eletrônico de votação. Este artigo, acredita no uso de uma solução de votação descentralizada o que dificulta a invasão em banco de dados. Na verdade, esses esquemas de votações eletrônicas modernos com Blockchain usam um leque de iniciativas para frear usuários mal-intencionados.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Vairam, T., Sarathambekai, S., and Balaji, R. (2021). Blockchain based voting system in local network. In <i>2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)</i> , volume 1, pages 363–366	X					Nesse artigo, os resultados giram em torno da confiabilidade, tanto é que novamente foram os smart contracts citados novamente como uma maneira de garantir a reputação das transações online.	O artigo em seu resumo retoma o que foi dito através de uma contextualização histórica e no decorrer toca em aspectos basilares do blockchain: transparência, segurança e sistemas avançados para autenticação de usuário. Esse foi um dos artigos mais diferenciados que estavam nas referências bibliográficas coletadas. Isso porque, além de discutir sobre o uso do Blockchain, sua aplicabilidade está ligada à votação segura.
Andrian, H. R., Kurniawan, N. B., and Suhardi (2018). Blockchain technology and implementation : A systematic literature review. In <i>2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)</i> , pages 370–374		X				Durante o artigo alguns dos dados compartilhados são: questões de pesquisa, critérios de exclusão e inclusão algumas tecnologias até já mencionadas nesse documento e também algumas aplicações/usabilidades do método.	O desafio citado aqui são as revisões literárias. Ou seja, o artigo é baseado na criação de uma metodologia de pesquisa como o que se chama na matéria como revisão sistemática.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Lin, Y. and Zhang, P. (2019). Blockchain-based complete self-tallying e-voting protocol. In <i>2019 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)</i> , pages 47–52	X					O algoritmo de performance, de maneira automática gerou um padrão baseado nos cálculos integrais. Sim, os cálculos ensinando em diversos cursos de ensino superior, porém obviamente com o maior grau de complexidade, pois é algo feito especificamente para um modelo computacional.	Objetiva fazer um estudo/análise da performance baseado no protocolo self-tallying protocol”. Como conclusão, assumiu-se que o protocolo tem seu grau de eficiência e relevância para seu uso.
Bulut, R., Kantarcı, A., Keskin, S., and Bah-tiyar, (2019). Blockchain-based electronic voting system for elections in turkey. In <i>2019 4th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)</i> , pages 183–188	X					-	Agora, ao invés de diagramas de cálculos e gráficos, o artigo utilizou diagramas de casos de uso. Esse diagrama fez todo um percurso ilustrando o processo de votação desde o usuário comum até o processo mais técnico de votação e suas autoridades responsáveis. Além disso, também foi apresentado um esquema que desenhava a arquitetura do sistema de votação, dessa vez não partindo do usuário, mas sim do ponto de vista do sistema.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Angsuchotmetee, C., Setthawong, P., and Udomviriyalanon, S. (2019). Blockvote : An architecture of a blockchain-based electronic voting system. In <i>2019 23rd International Computer Science and Engineering Conference (IC-SEC)</i> , pages 110–116	X					“The architecture of BlockVOTE in Ethereum and Hyperledger implementations are mostly similar. The difference between both implementations are the languages for modeling a contract and a set of tools required”. Ou seja, ambas são parecidas a principal diferença está no modelo de contrato e desempenho. Além dessa citação, há representações gráficas comparando o Ethereum e o Hyperledger e o atraso quando se opera votos com o Ethereum é maior. No gráfico foi mostrado que a proporção de tempo em segundos se dá que a cada 100 votos o Ethereum 215ms e o Hyperledger 127 ms. Quase o dobro de tempo.	Através de tabelas se fez uma comparação entre os principais sistemas de votação considerando: sua velocidade, escalabilidade e etc. Além disso, através dos resultados e com a ajuda das referências usadas infere-se que o sistema de votação eletrônica é superior ao voto de papel por alguns detalhes como, por exemplo, a dupla verificação de resultados e o fato de ser auditável.
Canessane, R. A., Srinivasan, N., Beuria, A., Singh, A., and Kumar, B. M. (2019). Decentralised applications using ethereum blockchain. In <i>2019 Fifth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM)</i> , volume 1, pages 75–79	X					-	Durante a leitura da conclusão se nota que o objetivo principal é ter uma aplicação segura e descentralizada. Uma coisa tem outra como consequência.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Suyitno, D., Aladhirus, B. R., and Wardhani, R. W. (2020). Design and implementation of smart card based secure key storage the blockchain e-voting application. In <i>2020 1st International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering (ICITAMEE)</i> , pages 259–264	X					A solução é mais focada em hardware que em software em si, pois nele há a presença de “ID smart cards”(cartões com identificação) em um sistema que usa o Arduino. A própria IDE do Arduino nos dá a possibilidade de realizar a extração desses dados, que contei informações de autenticação, chave de hash e etc.	A inovação trazida em comparação à outras produções científicas é a implementação de um microcontrolador. Por assim dizer, é um sistema embarcado.
Alvi, S. T., Uddin, M. N., and Islam, L. (2020a). Digital voting: A blockchain-based e-voting system using biohash and smart contract. In <i>2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)</i> , pages 228–233	X					Se analisou o processo de votação com e sem blockchain online, através de sites e com um sistema eletrônico genérico. Um dado que chama atenção é que todos os sistemas sem blockchain sendo eles online ou não tinham a desvantagem de não serem descentralizados	Como qualquer outro mecanismo de segurança, ele evitar ataque de terceiros e manter o maior grau de proteção possível. Además, chamar atenção para os prós e contras de cada modelo de votação.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Vivek, S., Yashank, R., Prashanth, Y., Yashas, N., and Namratha, M. (2020). E-voting systems using blockchain: An exploratory literature survey. In <i>2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)</i> , pages 890–895	X					No que se diz as criptografias há um sistema chamado Elliptical Curve Cryptography, o qual utiliza 2 passos a inicialização e votação(sequencialmente). O primeiro gera uma série de criptografia assimétrica, a qual é demonstrada no artigo através de uma série de código já pré-estabelecidos(script pronto) e a segunda usa um mapeamento com hash 256 . “However, this design of implementation contains a vulnerable database of the public to private key mappings of voters, which if compromised, can lead to misuse and invalidity of the entire process.” Apesar de tudo, no decorrer do trabalho foi citada uma pequena falha de segurança no processo criação de chaves no banco de dados. Entretanto, isso não tira totalmente o mérito da aplicação.	Se pensou em uma implementação escalável, leve e segura. Por isso, até mesmo o Hyperledger Sawtooth framework compõem também o conjunto de soluções desse artigo. Em artigos anteriores eles se demonstrou eficaz por ter menor atraso em relação inclusive ao Ethereum.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
Sheer Hardwick, F., Gioulis, A., Naeem Akram, R., and Markantonakis, K. (2018). E-voting with blockchain: An e-voting protocol with decentralisation and voter privacy. In <i>2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPS-Com) and IEEE Smart Data (SmartData)</i> , pages 1561–1567	X					Além dos gráficos, foram compartilhadas algumas procedures que trabalham com token dentro do blockchain com suas respectivas	O artigo conclui dizendo que sim a segurança do blockchain é efetiva, porém não está totalmente madura para tal e a solução seria mais investimentos em pesquisa e talvez em difusão de conhecimento para que a população de modo geral se conscientize do seu potencial.
Kaudare, A., Hazra, M., Shelar, A., and Sabnis, M. (2020). Implementing electronic voting system with blockchain technology. In <i>2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)</i> , pages 1–9	X					Alguns dos resultados trabalham com a comparação. Novamente outro artigo que discute eficiência e utilizando a mesma afirmação, “o hyperledger é mais eficiente que o ethereum”	O artigo estuda os pontos positivos da implementação de um sistema de votação eletrônica, assim como o detalhamento dos processos.
Adeshina, S. A. and Ojo, A. (2019). Maintaining voting integrity using blockchain. In <i>2019 15th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)</i> , pages 1–5	X					-	Foca na integridade dentro do sistema de votação eletrônico

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Identificação do Trabalho	I1	I2	I3	E1	E2	Descrição	Avaliação
B, S. and E, P. (2020). Methods and techniques for privacy preserving in blockchain. In <i>2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)</i> , pages 1346–1351		X				“The anonymization can be applied for any type of data like tree structured, tabular, and graph data. The accuracy of the query processing model is 75% which is reasonably high”. Essa frase foi extraída de um gráfico comparativo entre o método tradicional e o que mantém o anonimato dos dados	Inicialmente assumem que não existe segurança perfeito, mas o blockchain é o suficiente para manter o que se procura, segurança e transparência.
Abuidris, Y., Hassan, A., Hadabi, A., and Elfadul, I. (2019). Risks and opportunities of blockchain based on e-voting systems. In <i>2019 16th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing</i> , pages 365–368	X					Foi apontado que com a solução por ser nova comparada a outras no mercado tem o potencial também de trazer novas falhas jamais vistas em outras soluções	O artigo reconhece a importância do blockchain como viabilidade, segurança e outros. E considera a tecnologia promissora já que com o passar dos anos vem evoluindo muito. Porém que não é um sistema a prova de erros/falhas (referente a ser 100% seguro ou não)
Yavuz, E., Koç, A. K., Çabuk, U. C., and Dalkılıç, G. (2018). Towards secure e-voting using ethereum blockchain. In <i>2018 6th International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)</i> , pages 1–7	X					Como resultado, algumas estruturas nos algoritmos de segurança foram compartilhados durante o artigo, assim como informações de tempo entre transações no sistema.	Fazer um estudo sobre a segurança do blockchain no contexto das votações eletrônicas.