

BLOCKCHAIN E SMART CONTRACTS: INOVAÇÃO, APLICAÇÕES E DESAFIOS

Valéria Blanch Signorini¹

RESUMO

A expansão das tecnologias digitais tem transformado estruturas econômicas, sociais e jurídicas, destacando-se o *blockchain* e os contratos inteligentes (*smart contracts*) por introduzirem novas formas de registro, validação e execução de transações. O *blockchain*, inicialmente associado às criptomoedas, passou a ser aplicado em diferentes setores, enquanto os contratos inteligentes ampliaram a automatização de obrigações definidas em código. A pesquisa investiga como a literatura científica aborda essas tecnologias quanto a fundamentos, aplicações e limitações, identificando consensos e controvérsias. O objetivo é analisar a produção científica nacional e internacional sobre o tema, seus conceitos, aplicações, benefícios e limitações. Realizou-se revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa, com artigos publicados nos últimos dez anos em bases das áreas de tecnologia, direito e ciências sociais aplicadas, preservando-se obras clássicas de caráter fundacional. Os estudos foram submetidos a leitura exploratória, analítica e interpretativa e organizados por categorização temática. Os resultados indicam que descentralização, transparência, imutabilidade, rastreabilidade e auditabilidade são características relevantes do *blockchain*, enquanto os contratos inteligentes favorecem automação, previsibilidade e redução de custos e intermediários. Persistem desafios de escalabilidade, consumo energético, interoperabilidade, segurança do código, proteção de dados, rigidez da execução automática e regulamentação. Conclui-se que o potencial dessas tecnologias depende do equilíbrio entre inovação, segurança jurídica e governança institucional.

Palavras-chave: *Blockchain*; contratos inteligentes; tecnologia descentralizada; automação contratual.

1 INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias digitais tem redefinido formas de interação, produção, registro e organização de atividades econômicas e sociais. Nesse contexto, o *blockchain* destaca-se como tecnologia de registro distribuído que utiliza criptografia e mecanismos de consenso para registrar e validar informações sem depender de uma autoridade central. Nakamoto (2008) apresentou essa estrutura no contexto do Bitcoin, posteriormente

¹ Discente no curso de Direito do Centro Universitário de Rio Preto – UNIRP, Unidade Universitária 1 - Sede. Email: valeriablanchsignorini@hotmail.com.

ampliada para aplicações descentralizadas e diferentes setores (Swan, 2015; Antonopoulos, 2017).

Entre as aplicações relacionadas a esse modelo estão os contratos inteligentes. Szabo (1997) os concebeu como protocolos computacionais capazes de executar automaticamente termos previamente estabelecidos. Posteriormente, plataformas programáveis, como a Ethereum, ampliaram suas possibilidades de utilização (Buterin, 2014). A associação entre registros descentralizados e execução automatizada passou, assim, a integrar discussões relacionadas a relações econômicas, jurídicas e institucionais.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A expansão dessas tecnologias suscita questões técnicas, jurídicas, institucionais e sociais. No campo técnico, destacam-se problemas de escalabilidade, consumo energético, interoperabilidade, segurança do código e integração com sistemas legados. No campo jurídico, permanecem discussões sobre proteção de dados, validade dos contratos inteligentes, definição de responsabilidades, jurisdição e regulamentação.

Embora a automação possa reduzir custos, tempo de processamento e dependência de intermediários, sua aplicação pode apresentar limitações quando a relação jurídica exige interpretação contextual, boa-fé, razoabilidade, renegociação ou adaptação a acontecimentos imprevistos. A questão central da pesquisa é, portanto: como a literatura científica tem abordado o *blockchain* e os contratos inteligentes quanto aos seus fundamentos, aplicações e limitações, e quais consensos e controvérsias podem ser identificados?

Parte-se da hipótese de que essas tecnologias possuem potencial para ampliar a automação, a segurança e a eficiência das relações digitais, mas sua efetividade depende de avanços tecnológicos, regulamentação adequada e integração às estruturas institucionais existentes.

3 OBJETIVO

O objetivo geral é analisar a produção científica nacional e internacional sobre *blockchain* e contratos inteligentes, identificando conceitos predominantes, fundamentos, campos de aplicação, benefícios e limitações.

Especificamente, busca-se mapear definições e fundamentos; examinar aplicações; analisar impactos técnicos e jurídicos; e discutir limitações, controvérsias e perspectivas futuras, identificando convergências e divergências presentes na literatura.

4 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa, escolhida em razão da expansão do campo e da diversidade de abordagens sobre *blockchain* e contratos inteligentes. Foram considerados artigos científicos publicados nos últimos dez anos em bases de dados reconhecidas nas áreas de tecnologia, direito e ciências sociais aplicadas, sem exclusão de obras clássicas necessárias à compreensão dos conceitos fundamentais.

Foram excluídos estudos duplicados, textos meramente opinativos, documentos técnicos sem fundamentação acadêmica e produções desalinhadas ao objeto da pesquisa. Após a seleção, os estudos foram submetidos a leitura exploratória, analítica e interpretativa e organizados por categorização temática, buscando identificar conceitos, aplicações, benefícios, limitações, convergências e divergências.

5 DISCUSSÃO E RESULTADOS ALCANÇADOS

A revisão bibliográfica revelou produção científica em expansão, marcada por convergências conceituais e controvérsias técnicas, jurídicas e institucionais. Os estudos reconhecem o *blockchain* como infraestrutura capaz de modificar mecanismos tradicionais de registro, validação e confiança. Nakamoto (2008) fundamenta seu funcionamento na conexão criptográfica dos registros e no consenso da rede, enquanto Antonopoulos (2017) destaca a redução da necessidade de intermediários confiáveis. Tapscott e Tapscott (2016) associam a tecnologia à transformação de modelos de governança, negócios e contratos.

Descentralização, imutabilidade, transparência e auditabilidade aparecem como características centrais, relacionadas à segurança e à rastreabilidade das transações. Entretanto, a descentralização não elimina relações de poder, podendo redistribuí-las entre desenvolvedores, mineradores e participantes com maior capacidade computacional. Nesse sentido, o *blockchain* deve ser compreendido como fenômeno sociotécnico, cujos efeitos dependem de suas formas de governança e dos interesses envolvidos.

A literatura também evidencia limitações práticas. Escalabilidade e consumo energético, especialmente em determinados *blockchains* públicos baseados em prova de trabalho, permanecem desafios relevantes, revelando tensão entre segurança e eficiência. Interoperabilidade, vulnerabilidades de código e integração com sistemas legados também dificultam a adoção, somando-se à necessidade de infraestrutura e capacitação profissional.

Quanto aos contratos inteligentes, os resultados apontam a automação como sua principal contribuição. Aplicações em finanças descentralizadas, cadeias de suprimentos e gestão de ativos digitais demonstram potencial para reduzir custos, tempo de processamento e

intermediação. Contudo, quando a relação jurídica exige interpretação contextual, boa-fé, razoabilidade, renegociação ou adaptação a acontecimentos imprevistos, a execução automática apresenta limitações. Wright e De Filippi (2018) observam que essa automação desafia categorias jurídicas tradicionais ao reduzir o espaço para interpretação subjetiva e intervenção judicial. Lessig (2006), por sua vez, contribui para compreender o código como mecanismo capaz de regular comportamentos.

Os estudos indicam, assim, que contratos inteligentes não substituem integralmente contratos tradicionais, sendo mais adequados a obrigações objetivas e verificáveis por código. Em situações complexas, modelos híbridos podem conciliar automação e flexibilidade jurídica.

Outro resultado relevante é a distância entre o desenvolvimento tecnológico e a evolução regulatória. A literatura identifica insegurança quanto à validade jurídica dos contratos inteligentes, às responsabilidades por falhas de código e à jurisdição aplicável a redes descentralizadas e transnacionais. Zetsche et al. (2020) ressaltam a necessidade de estruturas regulatórias capazes de conciliar inovação e segurança jurídica. No âmbito brasileiro, a proteção de dados pessoais constitui preocupação relevante diante das características das tecnologias descentralizadas, enquanto discussões internacionais apontam para a necessidade de compatibilizar inovação, direitos fundamentais e estabilidade regulatória.

Nas aplicações práticas, identificam-se experiências em logística, saúde, administração pública e sistemas financeiros, com ganhos potenciais em rastreabilidade, integridade de dados e eficiência processual. Persistem, porém, dificuldades de integração, resistência institucional, necessidade de infraestrutura e capacitação profissional.

Por fim, a produção analisada apresenta forte interdisciplinaridade, reunindo ciência da computação, direito, economia e ciências sociais aplicadas. Essa diversidade amplia a compreensão do fenômeno, mas também produz fragmentação conceitual e metodológica, indicando a necessidade de maior padronização para favorecer a comparação entre estudos e o avanço cumulativo do conhecimento. Em conjunto, os resultados apontam que a consolidação dessas tecnologias depende do equilíbrio entre inovação, segurança jurídica e responsabilidade social, mediante modelos de governança capazes de articular tecnologia, direito e instituições.

6 CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica permitiu identificar que o *blockchain* e os contratos inteligentes representam transformação relevante nos modelos de registro, validação e execução de transações e relações contratuais digitais. O *blockchain* apresenta potencial associado à

descentralização, imutabilidade, transparência, rastreabilidade e auditabilidade, enquanto os contratos inteligentes ampliam a automação e a previsibilidade das obrigações.

Os resultados demonstram, entretanto, que esses benefícios convivem com limitações técnicas, jurídicas e institucionais. Escalabilidade, interoperabilidade, consumo energético e segurança do código somam-se a problemas de proteção de dados, regulamentação, responsabilidade, jurisdição e adequação da execução automática à complexidade das relações jurídicas.

Conclui-se que os contratos inteligentes devem ser compreendidos como instrumentos complementares, e não como substitutos absolutos dos contratos tradicionais, sobretudo porque determinadas relações exigem interpretação, flexibilidade e intervenção jurídica. Do mesmo modo, o *blockchain* não produz, por si só, ambientes mais seguros ou justos: seus efeitos dependem de governança, regulamentação e integração institucional.

A contribuição da pesquisa consiste em sistematizar uma produção científica interdisciplinar e evidenciar que a consolidação dessas tecnologias exige articulação entre desenvolvimento tecnológico, segurança jurídica e responsabilidade social. O uso responsável do *blockchain* e dos contratos inteligentes depende, portanto, de soluções capazes de preservar seus ganhos de eficiência sem desconsiderar direitos, instituições e as particularidades das relações jurídicas.

REFERÊNCIAS

ANTONPOULOS, Andreas M. **Mastering bitcoin: programming the open blockchain**. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2017.

BUTERIN, Vitalik. **A next-generation smart contract and decentralized application platform**. Ethereum White Paper, Zug, p. 1–36, 2014.

DE FILIPPI, Primavera; WRIGHT, Aaron. **Blockchain and the law: the rule of code**. Cambridge: Harvard University Press, 2018.

LESSIG, Lawrence. **Code and other laws of cyberspace**. New York: Basic Books, 2006.

NAKAMOTO, Satoshi. **Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system**. Bitcoin White Paper, p. 1–9, 2008.

SWAN, Melanie. **Blockchain: blueprint for a new economy**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015.

SZABO, Nick. **Formalizing and securing relationships on public networks**. First Monday, Chicago, v. 2, n. 9, p. 1–15, 1997.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. **Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world**. New York: Penguin, 2016.

ZETZSCHE, Dirk A. et al. **The future of data-driven finance and RegTech: lessons from EU policy**. Journal of Financial Regulation, Oxford, v. 6, n. 1, p. 1–45, 2020.