08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

Contribuições da Tecnologia Blockchain no Contexto de Troca de Informações entre os Agentes Participantes de Cadeias de Suprimentos Circulares: Uma Revisão Sistemática de Literatura

ANELIZE BAILL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ (UNIOESTE)

MANOELA SILVEIRA DOS SANTOS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ (UNIOESTE)

CONTRIBUIÇÕES DA TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* NO CONTEXTO DE TROCA DE INFORMAÇÕES ENTRE AGENTES PARTICIPANTES DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS CIRCULARES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da indústria 4.0 e com a inserção e criação de diversas ferramentas tecnológicas, novas oportunidades para o desenvolvimento da qualidade da gestão são ofertadas, possibilitando o aumento gradativo no que diz respeito a produtividade, rapidez e flexibilização da união e tratamento das informações, além da versatilidade no compartilhamento dos dados dos agentes presentes em uma cadeia de suprimentos (BOSCHI; POLLICE; BATOCCHIO, 2020). No caso específico da *blockchain*, caracterizada como uma tecnologia capaz de viabilizar a troca de valores entre diversos usuários, tendo como base a confiabilidade e a rastreabilidade das transações presentes, tornando todo o processo mais ágil, seguro e menos custoso (ENCCLA, 2020), é possível visualizar sua inserção dentro do contexto de cadeias de suprimentos, uma vez que dá credibilidade aos processos envoltos entre os agentes participantes.

A *blockchain* é introduzida no ambiente da economia circular como um potencial facilitador para muitos dos princípios envolvidos na logística reversa. Os sistemas de informação presentes na tecnologia possibilitam melhorar significativamente o desempenho da economia circular em diversos níveis, garantindo o reaproveitamento inteligente dos recursos (BARRETO NETO *et al.*, 2021).

A economia circular acrescenta uma nova dimensão no que diz respeito a criar produtos, sendo estes oriundos de ciclos já utilizados, reduzindo o desperdício. A eficiência é o objetivo desse modelo, no qual a circulação de produtos e serviços buscam atingi-la, realocando os materiais em seus devidos nichos e cadeias de origem, sem que haja perda da qualidade. (KOUHIZADEH; ZHU; SARKIS; 2020; CASADO-VARA *et al*., 2018; COSTA *et al*., 2021). Assim, um componente pode ser reutilizado não apenas pela empresa que o fabricou, mas também pelo seu fornecedor ou por um terceiro agente que possua ligação com o material. Dessa forma, novos elos e fluxos são gerados, criando receitas diversas (LEITÃO, 2015).

Por se tratar de uma tecnologia ainda em fase de introdução, análise e estudo, e principalmente por existir uma certa desconfiança com a sua total aplicabilidade e eficácia, a literatura existente a respeito da introdução da *blockchain* no contexto de cadeias de suprimentos circulares, em sua maioria, discorrem sobre estudos de casos em diversos setores, ou ainda em discussões da viabilidade de inclusão da *blockchain* nas cadeias, fazendo análise de custos e riscos envolvidos (RHEMAN KHAN *et al.*, 2021; OKORIE; RUSSELL, 2021; FERREIRA *et al*., 2021; NANDI *et al*., 2021; BEKRAR *et al*., 2021).

Esse estudo busca identificar as contribuições obtidas por meio da inclusão da tecnologia *blockchain* dentro do funcionamento das cadeias de suprimentos de economia circular, no que se refere às melhorias dentro do contexto de tratamento das informações. Para a realização desta pesquisa foi conduzida uma revisão sistemática, tendo como questões norteadoras: “Como a tecnologia *blockchain* pode aprimorar a troca de informações entre os agentes participantes de cadeias de suprimentos circular?”, e “De que maneira a tecnologia *blockchain* se mostra como uma importante ferramenta para promover confiabilidade e rastreabilidade de informações no que se refere ao gerenciamento de uma cadeia de suprimentos circular?”.

2. A ECONOMIA CIRCULAR, A TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* E A GESTÃO DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS

A economia circular (EC) é um conceito originado em meados da década de 70, que estabelece a quebra do modelo econômico linear, mais utilizado pelas indústrias e organizações, e que gera enorme degradação ao meio ambiente (AZEVEDO, 2015). Entende-se como EC o sistema que busca possibilitar a conservação dos materiais dentro do ciclo produtivo, fazendo uso da reutilização, recuperação, reparação e reciclagem, tornando a utilização e gestão dos recursos mais eficiente, gerando valores para a população em geral e contribuindo com os alicerces da sustentabilidade (COSTA *et al.*, 2021).

A tecnologia de registro *blockchain* surge por volta de 2009, caracterizada como uma nova solução tecnológica capaz de impulsionar as iniciativas econômicas de gênero circular, uma vez que traz descentralização das informações, segurança, imutabilidade, confiabilidade, transparência e veracidade no tratamento dos dados gerados (COSTA *et al*., 2021). Sob uma ótica técnica, pode-se dizer que a *blockchain* é formada por dados que armazenam as operações organizadas em blocos, sendo estes organizados sequencialmente, como base para os registros distribuídos pelos "nós" da rede.

A associação dos conceitos de *blockchain* com os de economia circular vem sendo adotada, principalmente, pelo setor produtivo, visando obter maior confiabilidade nas informações dos processos, além de maior automatização (ENCCLA, 2020). As metas da economia circular teriam sido descontinuadas se o avanço tecnológico não tivesse alcançado o nível de automação e digitalização atual (RHEMAN KHAN *et al., 2021*), foi a convergência do processo industrial com a digitalização que abriu caminho para uma transição da economia linear para a EC (RHEMAN KHAN *et al*., 2021).

A proposta de gerenciamento da economia circular das cadeias de suprimentos através do uso da tecnologia *blockchain* é uma hipótese desenvolvida a partir do conceito dos pilares: *blockchain*, economia circular e cadeias de suprimentos. A aplicação da *blockchain* visando a proteção dos ativos, através da gestão dos contratos, transações e registros de sistemas econômicos, legais e políticos estabelece os limites necessários para o aumento da confiabilidade dentro desses processos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo tem cunho qualitativo, tendo como método de pesquisa a revisão bibliográfica sistemática da literatura, que consiste na utilização de critérios específicos e explícitos, seguindo um padrão de rigorosidade e transparência, permitindo, dessa forma, identificar, caracterizar e analisar de forma crítica toda a literatura existente, que diz respeito a um assunto pré-determinado, procurando responder a uma questão de estudo (CRONIN *et al.*, 2008; HIGGINS *et al.*, 2019).

Higgins *et al*. (2019), no *Cochrane Hanbook for Systematic Reviews of Interventions*, determinam que os principais aspectos de uma revisão sistemática são: (a) possui objetivos claramente delineados, com critérios de elegibilidade pré-definidos para a integração dos estudos; (b) apresenta uma metodologia clara e passível de ser reproduzida; (c) conduz uma pesquisa de literatura sistemática visando a identificação do maior número possível de estudos elegíveis; (d) produz uma avaliação da validade dos estudos incluídos; (e) demonstra uma síntese sistemática dos atributos e resultados dos estudos incluídos.

Diferente das tradicionais revisões de literatura, como a revisão narrativa, a revisão sistemática transcreve importantes avanços, da mesma forma que minimiza a participação implícita de pensamento dos investigadores envolvidos, ao forçá-los a expandir sua pesquisa para além de seus conhecimentos base (MALLETT *et al*., 2012). Além disso, a revisão

sistemática permite minimizar enviesamentos nas análises, visto que foca em evidências, impactos, validades e causalidade, projetando informações que vão além do estudado, ao contrário do encontrado nas revisões tradicionais, que focam e objetivam apenas os resultados (MALLETT *et al.*, 2012; UMAN, 2011).

Para a realização do levantamento bibliográfico, foram utilizadas as ferramentas de busca das seguintes bases de dados: Periódicos CAPES e *Google Scholar*. Para os casos em que o texto não estivesse disponível em sua totalidade nas bases de dados citadas, a plataforma Z *Library* foi utilizada como base complementar de pesquisa e acesso aos artigos.

Os softwares Parsif.al e Mendeley foram utilizados durante a construção da revisão, objetivando maior controle, organização e gestão sobre a armazenagem de informações dos estudos selecionados. O primeiro auxiliou no registro e controle das delimitações de pesquisa, dos problemas, dos objetivos, das *strings* de busca, das fontes de busca, além dos critérios de inclusão e exclusão (QUADRO 1).

QUADRO 1: Critérios adotados para organização e utilização do programa Parsif.al

Delimitações da Pesquisa	**Problemas de pesquisa da RSL**	**Objetivos da RSL**	**Critérios de inclusão e exclusão**
1 - O estudo deve ser publicado em revistas acadêmicas, congressos ou ser um trabalho de conclusão de curso, tese e dissertação. 2 – O estudo precisa citar tecnologia *blockchain* no título.	1 – Como a tecnologia *blockchain* pode aprimorar a troca de informações entre os agentes participantes de cadeias de suprimentos circulares? 2 – De que maneira a tecnologia *blockchain* se mostra como uma importante ferramenta para promover confiabilidade e rastreabilidade de informações no que se refere ao gerenciamento de uma cadeia de suprimento circular?	Identificar as contribuições obtidas por meio da inclusão da tecnologia *blockchain* dentro do funcionamento das cadeias de suprimentos de economia circular, no que se refere às melhorias dentro do contexto de tratamento das informações.	**Inclusão:** a) apresenta no título pelo menos uma das palavras: *blockchain*, economia circular; b) apresenta no título pelo menos uma das palavras: *blockchain*, circular *economy*; c) conceito sobre a *blockchain*; d) apresenta diferentes ramos de empresas utilizando a *blockchain*; e) estudos em cadeias de economias circulares; f) resultados de inclusão da tecnologia; g) troca de informações entre os agentes da cadeia. **Exclusão:** a) Fora do escopo; b) não estar escrito em inglês, português ou espanhol; c) não possuir acesso ao texto completo; d) não ser um artigo publicado em revista ou congresso, não ser uma tese, dissertação ou trabalho de conclusão de curso.

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

As palavras-chave utilizadas para a construção da revisão sistemática neste estudo foram: *blockchain*, economia circular, cadeias de suprimentos, informação, resíduos sólidos, além de seus correspondentes em inglês: *blockchain*, *circular economy*, *supply chain*, *information*, *solid waste*, e em espanhol: *economía circular* e *residuos solidos.* A associação destas palavras formaram as *strings* de busca, conforme o quadro 2.

QUADRO 2: Resultados das combinações de *strings* de busca na base de dados Google *Scholar* e Periódico Capes

	Base de dados *Google Scholar*		
Combinação de *strings* de busca	Artigos com *strings* no título	Ano de publicação	Artigos com *s* no assunt
"*Blockchain*" AND "Economia circular"	2	2020-2021	4
"*Blockchain*" AND "*Economía circular"*	1	2021	1
"*Circular economy*" AND "*Blockchain*"	70	2017-2022	55
"*Blockchain*" AND "*Circular economy*"	62	2017-2022	59
"*Blockchain*" AND "*Solid waste*"	4	2020-2021	2
"*Blockchain*" AND "Construção civil"	3	2019-2021	0
"*Circular economy*" AND "*Information*"	95	2008-2022	128
"*Blockchain*" AND "*Information*"	1100	2008-2022	2750
"*Blockchain*" AND "*Supply chain case*"	125	2017-2022	3
"*Circular economy*" AND "*Brazilian*"	27	2018-2022	3
"*Blockchain*" AND "*Review Cases*"	19	2018-2022	0
"*Blockchain*" AND "*Circular economy*" AND "*Spain*"	1	2022	0
"*Blockchain*" AND "*Circular economy*" AND "*Singapore*"	1	2022	0
"*Blockchain*" AND "Cadeias"	11	2018-2021	4
Quantidade total de artigos			
	Base de dados Periódicos CAPES		
"*Blockchain*" AND "Economia circular"	0	-	2
"*Blockchain*" AND "*Economía circular*"	0	-	2
"*Circular economy*" AND "*Blockchain*"	21	2019-2022	34
"*Blockchain*" AND "*Circular economy*"	20	2019-2022	34
"*Blockchain*" AND "*Solid waste*"	3	2020-2021	5
"*Blockchain*" AND "Construção civil"	0	-	0
"*Circular economy*" AND "*Information*"	40	2008-2022	185
"*Blockchain*" AND "*Information*"	733	2016-2022	3312
"*Blockchain*" AND "*Supply chain case*"	1	2021	0
"*Circular economy*" AND "*Brazilian*"	19	2018-2022	2
"*Blockchain*" AND "*Review Cases*"	0	-	0
"*Blockchain*" AND "*Circular economy*" AND "*Spain*"	0	-	0
"*Blockchain*" AND "*Circular economy*" AND "*Singapore*"	0	-	0
"*Blockchain*" AND "Cadeias"	4	2019-2021	4
Quantidade total de artigos			

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

O quadro 3 ilustra o quantitativo encontrado em cada uma das bases de pesquisa citadas após a aplicação inicial dos termos e *strings* de busca nas bases Google Scholar e Periódicos CAPES. Os quantitativos de estudos incluídos neste quadro dizem respeito àqueles que possuíam em seu título e/ou resumo ao menos uma das palavras centrais de estudo, como: *blockchain*, economia circular, troca de informações e cadeias de suprimentos circular, totalizando 33 artigos no total.

Quadro 3: Primeiros resultados de busca das *strings* dentro das bases de pesquisa

Periódicos CAPES	**Google Scholar**	**Z Library**
4421 resultados	4529 resultados	Não se aplica
7 estudos selecionados após a leitura dos títulos e resumos	22 estudos selecionados após leitura dos títulos e resumos	4 estudos selecionados após a leitura dos títulos e resumos

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

No quadro 4, a seguir, estão os artigos excluídos e os critérios de exclusão adotados em cada um deles.

QUADRO 4: Artigos excluídos após a segunda aplicação de critérios de seleção e elegibilidade

Motivos de Exclusão	**Autores**
Artigo não disponível por completo na versão on-line	Xavier *et al.* (2021); Abou Maroun *et al*., (2018); Esteban *et al.* (2022); Rotabi e Ali (2022); Okorie e Russell (2021); Abidi *et al.* (2021); Tayal *et al.* (2021); Upadhyay *et al.* (2021); Centobelli *et al*. (2021); Gopalakrishnan *et al.* (2021);
Uso da *blockchain* em diferente contexto, não sendo o de economia circular	Manco Sánchez (2021)
Aplicação de diferentes tecnologias para o contexto da economia circular, não focando na *blockchain*	Demestichas e Daskalakis (2020)
Não faz menção específica à cadeias de suprimento de economia circular	Pimenta (2020); Lage, Santos e Zarzuelo (2021)

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

Nesta etapa foram incluídos 19 artigos que apresentavam o conceito da tecnologia *blockchain*, suas aplicações e implantações dentro de cadeias de suprimentos de economia circular, as consequências de sua implantação, bem como a análise de confiabilidade e rastreabilidade das informações geradas nas cadeias de suprimentos dos agentes envolvidos nos processos. No quadro 5, a seguir, estão elencados os 19 artigos selecionados, ordenados pelos anos em que foram publicados.

QUADRO 5: Artigos incluídos após as primeiras etapas de seleção

	Título	Autores	Ano	
1	*Configuring blockchain architectures for transaction information in blockchain consortiums: The case of accounting and supply chain systems*	D.E. O'Leary	2017	*Int*
2	*How blockchain improves the supply chain: Case study alimentary supply chain*	R. Casado-Vara *et al.*	2018	
3	*Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice*	M. Kouhizadeh *et al.*	2019	*Pr*
4	*Analisis del manejo de informacion de los residuos aprovechables, con la Tecnologa Blockchain, para la Ciudad de Bogota*	E.L. Pedraza Romero *et al.*	2019	*Re*
5	*Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors*	G. Hastig, M. S. Sodhi	2020	
6	*Proposing the use of blockchain to improve the solid waste management in small municipalities*	A.S.L França, J. *et al.*	2020	*Jo*
7	*From trash to cash: How blockchain and multi-sensor-driven artificial intelligence can transform circular economy of plastic waste?*	Chidepatil *et al.*	2020	
8	Blockchain como elemento viabilizador na gestão da economia circular das cadeias de suprimentos	A. Boschi *et al.*	2020	Ana
9	Potencial da Aplicação de *Blockchain* para a Rastreabilidade de Cadeias de Alimentos Sustentáveis: um estudo prospectivo	A.G. Ferreira *et al.*	2021	Cad
10	*The role of block chain technology in circular economy practices to improve organisational performance*	S.A. Rehman Khan *et al.*	2021	*Int*
11	*Blockchain aplicado a empresas de reciclaje y valorizacion de la economia circular*	V. Rotari	2021	
12	*Redesigning supply chains using blockchain-enabled circular economy and COVID-19 experiences*	S. Nandi *et al.*	2021	
13	*A Survey on Blockchain for Information Systems Management and Security*	D. Berdik *et al.*	2021	
14	*Blockchain and information integration: Applications in New Zealand's prefabrication supply chain*	E. Bakhtiarizadeh *et al.*	2021	
15	Proposta de uso da tecnologia de registro *blockchain* na gestão de suprimentos da construção civil	R.O. Gomes *et al.*	2021	

16	*Efficient plastic recycling and remolding circular economy using the technology of trust–blockchain*	Khadke *et al.*	2021	
17	*Digitalizing the closing-of-the-loop for supply chains: A transportation and blockchain perspective*	Bekrar *et al.*	2021	
18	*Blockchain* para fomento da economia circular na construção: um panorama sobre a produção científica	M.M. Costa *et al*.	2021	
19	*Blockchain Enabled Automatic Reward System in Solid Waste Management*	Akram *et al.*	2021	

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

4. ANÁLISE DOS DADOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente uma análise bibliométrica foi feita, tomando como base: quantidade de artigos escritos em cada um dos anos do período selecionado (2017 a 2021), quantidade de autores presentes em cada um dos textos, quantidade de estudos teóricos e empíricos e a quantidade de revistas das publicações.

Com relação à quantidade de estudos escritos em cada um dos anos do período, a amostra apresentou 1 artigo escrito nos anos de 2017 e 2018, 2 artigos em 2019, 4 artigos em 2020 e 11 artigos em 2021. Nota-se que há uma maior predominância de escritos nos últimos dois anos, demonstrando que o campo de estudo em questão está em ascensão dentro das pesquisas científicas. No que diz respeito a natureza dos estudos, 7 deles foram classificados como empíricos e 12 como teóricos.

Foram 18 as revistas selecionadas para análise, tendo a *Sustainabilty* dois estudos presentes dentro da amostra, seguida pelas demais com apenas um estudo: Anais do SINGEP, *Production Planning and Control*, *Science Direct*, Cadernos de Prospecção da UFBA, *International Journal Logistics Research and Applications*, *Production And Operations Management*, *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, *Journal of Cleaner Production*, *Repositorio Universidad de Cantabria*, *Repositorio Universidad Distrital Francisco José Caldas*, *Sustainable Production and Consumption*, *Information Processing & Management*, *Buildings*, Anais do SIBRAGEC, *Administrative Sciences*, Anais do SBTIC e *Security and communication networks*.

Apenas 4 dos artigos selecionados possuem mais do que 5 autores, sendo um deles com a participação de 16 autores. A maior predominância de ocorrência foi a de 4 autores, representando 6 estudos dentro da amostra analisada.

4.1 Apresentação e análise dos estudos selecionados

No estudo de Boschi, Pollice e Batocchio (2020), o exemplo de implantação da tecnologia *blockchain* na cadeia de suprimentos da empresa BASF foi apresentado, demonstrando a factibilidade da utilização da tecnologia alinhada aos processos de cadeias de suprimentos circular. O artigo apresenta bom aporte teórico para sustentar argumentações favoráveis à implantação da tecnologia nas cadeias de suprimentos circulares, principalmente no que tange à confiabilidade dos contratos entre os agentes envolvidos. O artigo não faz menção específica à melhoria absoluta do tratamento das informações oriundas dos agentes participantes da cadeia, mas constrói um referencial pautando o quanto a tecnologia pode ser um potencial de melhoria em todos os processos relativos ao desenvolvimento e andamento das cadeias de suprimentos.

No estudo de Kouhizadeh, Zhu e Sarkis (2019), a tecnologia *blockchain* é examinada de tal forma a mostrar como ela provavelmente transformará e promoverá a realização da economia circular. O estudo constrói teoria fundamentada a partir de vários estudos de caso, apresentando evidências iniciais que fazem a ligação da aplicação da *blockchain* nas dimensões da economia circular, principalmente no que diz respeito à regeneração, compartilhamento, otimização, loop, virtualização e troca (modelo ReSOLVE). Os autores analisam casos de aplicação da tecnologia em diversos setores industriais (agricultura, silvicultura, pesca, mineração, fabricação, transportação, comunicação, serviços utilitários e comércios de varejo), em diversos níveis de adoção, para diversos fins organizacionais.

Na pesquisa realizada por Casado-Vara *et al*. (2018), os autores propõem o uso da *blockchain* alinhada a sistemas multiagentes, como forma de aumento da segurança do

tratamento das informações da cadeia. O estudo mostra o quanto a *blockchain* pode promover a descentralização das informações apenas no agente responsável por sua parte na cadeia, tendo, portanto, todos os agentes envolvidos na cadeia o acesso completo aos processos, desde a concepção do negócio até o consumidor final, com a segurança reforçada por sistemas multi-fatores e contratos inteligentes. Asseveram que a descentralização das informações da cadeia em apenas um agente promove maior confiabilidade até mesmo aos consumidores finais, que terão garantia da origem do produto que estão adquirindo, já que as informações contidas no livro da *blockchain* serão seguras e imutáveis.

No estudo de Ferreira *et al.* (2021), os autores realizam a análise da existência da *blockchain* dentro de cadeias de suprimentos de alimentos, não citando especificamente a economia circular, mas trazendo informações sobre a confiabilidade que a tecnologia pode trazer com a adoção do método nesse tipo de processo. O texto também cita a possibilidade de rastrear todas as informações referentes ao alimento, desde a sua produção ou coleta até a sua disposição para o consumidor final. Isso traz confiança a todos os agentes da cadeia, pois teriam acesso a essas informações com a certeza de que são dados criptografados e imutáveis.

Rehman Khan *et al*. (2021), através de uma pesquisa survey com empresários de diversos ramos de manufatoras sustentáveis da China e do Paquistão, chegaram à conclusão de que é viável a inclusão da tecnologia *blockchain* no corredor econômico da China e Paquistão, principalmente porque fornece a confiança e transparência necessária nas tratativas envolvendo legislações distintas. O nível de investimento existente nesse corredor econômico é gigantesco, tendo um grande volume de informações e registros existentes. Nesse contexto, a *blockchain* é válida por descentralizar o poder de informação em apenas um agente, e deixando o processo inteiro mais transparente para todos os envolvidos, independente da região em que operam e seu ramo de atuação, além disso, o contexto verde e sustentável também introduz a ideia de economia circular, propondo a inclusão dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar).

Hastig e Sodhi (2020), analisaram o contexto necessário para a implantação da *blockchain* em determinados mercados. Nesse artigo, foi analisada a inclusão nas cadeias de suprimentos do ramo farmacêutico e de cobalto, visando principalmente a rastreabilidade e confiabilidade das informações processadas. O texto foca no âmbito de negócios entre os agentes e os stakeholders do ramo estudado (cobalto e farmácias), trazendo esclarecimentos fortemente edificados no que diz respeito às características de transparência, confiabilidade e rastreabilidade oriundas da inclusão da *blockchain*.

O'Leary (2017), reuniu contribuições de diversos textos sobre o processamento de transações usando a *blockchain*, além de analisar as diversas arquiteturas disponíveis e possíveis para a inclusão da tecnologia em cadeias de suprimentos. O não foca em um mercado específico, apenas analisa a introdução da *blockchain* estudando as formas e configurações possíveis. Não cita também o tratamento das informações em específico, mas analisa o uso de outras tecnologias em conjunto visando a melhoria do processo como um todo.

Na análise realizada por França *et al*. (2020), foi estudada a implantação da *blockchain* no gerenciamento dos resíduos sólidos em um município brasileiro, o resultado obtido gerou ganhos sociais e de melhorias para a cadeia, o tratamento das informações se tornou mais confiável com a inclusão do "dinheiro verde" como maneira de alavancar o projeto e integrar a população. O sistema não possui viés de economia circular, mas traz benefícios ao meio ambiente e sustentabilidade.

Através do estudo da implantação da *blockchain* na gestão de empresas de reciclagem, Rotari (2021) mencionou que a principal vantagem de inclusão da tecnologia é a de trazer responsabilidade a todos os agentes da cadeia no que se refere ao tratamento dos reciclados, não recaindo somente no produtor a responsabilidade caso algo saia do controle ou aconteça algum problema ambiental e/ou social. A confiabilidade no tratamento das informações da cadeia de reciclados estaria principalmente na questão de que a *blockchain* funciona como um

livro que registra todas as transações, em ordem cronológica, fazendo com que todos os participantes envolvidos criem maior consciência e responsabilidade sobre como agir respeitando as normas vigentes de meio ambiente, munindo toda a cadeia de provas, caso seja necessário, e de forma confiável.

Para Romero e Salamanca-Rivera (2019), o projeto de inclusão da *blockchain* no gerenciamento dos resíduos na cidade de Bogotá é baseado no uso de contratos inteligentes, integrando governo, consumidores e empresas. O maior ganho é incluir no processo todos os agentes, e deixar toda a informação clara e acessível a todos, incluindo o pessoal que realiza a reciclagem. O texto apresenta a implantação da *blockchain* alinhada ao uso de outros softwares para o pleno funcionamento da cadeia. Não há menção específica a melhorias no trato das informações, mas é citada a inclusão da tecnologia para atingir esse objetivo, principalmente no que se refere à imutabilidade das informações e acesso a todos os agentes da cadeia.

Nandi *et al.* (2021), analisaram as mudanças geradas dentro das cadeias de suprimentos no contexto da pandemia da Covid-19, transcrevendo o quanto o uso da *blockchain* dentro das cadeias seria de grande utilidade para promover a melhoria dos conceitos três conceitos pilares de fundamentação do estudo: localização, agilidade e digitalização (LAD). A fragilidade apresentada nas cadeias de suprimentos durante a pandemia demonstrou que, segundo os autores, a implantação de tecnologias disruptivas como a *blockchain* são cada vez mais necessárias, visando a transformação e desenvolvimento das ações dos agentes dentro de toda a logística.

O estudo de Berdik *et al*. (2021), promoveu o entendimento da *blockchain* alinhada aos sistemas de informação, além de trazer citações acerca do tratamento dos dados dos usuários da cadeia. Segundo o texto, a redução de terceiros e o aumento da interoperabilidade podem ajudar a ampliar os recursos de controle de acesso, além de dar ao usuário final e às partes que interagem maior capacidade de acessar o que antes eram apenas informações isoladas. Há também uma redução na duplicidade das informações, já que através de um sistema mais acessível, as informações podem ser acessadas em tempo real, tornando as decisões cada vez mais assertivas.

Bakhtiarizadeh *et al*. (2021), apresentam a capacidade de fornecer rastreabilidade, através do uso da *blockchain*, para clientes que desejam rastrear as origens de seus materiais e mercadorias. Segundo eles, as organizações presentes nas cadeias de suprimentos passaram a exigir o monitoramento das cargas, isso porque a construção pré-fabricada conta com a participação de vários stakeholders e fornecedores no decorrer de toda a logística. Para os autores, as organizações presentes na cadeia podem passar a trocar informações de maneira organizada, resultando em melhor transparência no compartilhamento dos dados e melhor distribuição da responsabilidade de cada parceiro em relação à sua contribuição para entregas de projetos pré-fabricados na Nova Zelândia.

No texto de Gomes *et al*. (2021), um novo sistema para adoção da *blockchain* é proposto, porém mais voltado à gestão de suprimentos de construção civil, alinhado ao uso do software Hyperledger Fabric, promovendo uma maior transparência e confiança no trato das informações contidas nas cadeias de suprimentos de construção. O estudo reforça a contribuição de implantação da *blockchain* em gerenciamentos, citando as características de confiabilidade, imutabilidade, legitimidade etc.

Khadke *et al*. (2021), apresentam um estudo exploratório a despeito da inclusão da tecnologia *blockchain* visando uma maior eficiência da reciclagem de resíduos, minimizando efeitos adversos sobre os ecossistemas. O projeto apresentado pelos autores, tem como fundamento a produção de livros abertos, oriundos da *blockchain*, à prova de adulteração e que rastreiam o ciclo de vida dos plásticos oceânicos, desde catadores até centros de reciclagem, onde são processados e vendidos para as empresas. O texto cita que a *blockchain*, alinhada à Inteligência Artificial (IA) e a Internet das Coisas (IoT), ajudam a desenvolver e melhorar a

transparência e a rastreabilidade, trazendo a confiança para o tratamento das informações dos agentes e demais processos.

Segundo exposto por Bekrar *et al*. (2021), conhecer quantidades, determinar a localização, tipo e qualidade do material será fundamental para gerenciar todos os aspectos da logística reversa, principalmente para determinar o tipo de transporte a ser realizado, os modos de armazenamento e os requisitos de capacidade. Afirmam, também, que a tecnologia *blockchain* pode fornecer essas informações de forma ampla e visível, determinando a fonte do produto e apontando os responsáveis, tornando mais eficaz a gestão da cadeia como um todo. Além disso, estas informações são importantes para questões de segurança e responsabilidade dos participantes dos processos.

No estudo de Chidepatil *et al.* (2020), foi mostrado o uso da *blockchain* baseado em uma plataforma de confiança, trazendo informações sobre a adequação, conformidade de qualidade, preço de oferta e oferta e disponibilidade de matéria-prima plástica reciclada, garantindo confiabilidade entre os agentes. Esses contratos inteligentes de *blockchain*, alimentados por fusão de dados multissensoriais, incentivarão os fabricantes a adquirirem matérias-primas plásticas recicladas e, portanto, reduzindo significativamente a forte dependência de combustíveis fósseis. Segundo o texto, a utilização da *blockchain* traz maior poder e garantias aos usuários presentes na cadeia, até mesmo para o catador de resíduos sólidos com pouco poder aquisitivo frente às grandes corporações.

Para Costa *et al.* (2021), utilizando-se de trabalhos anteriores que focaram na utilização da *blockchain* vinculada à economia circular dentro do contexto da construção civil, afirmam que a importância da inclusão da tecnologia está mais atrelada à promoção da confiabilidade nas trocas estabelecidas entre os agentes participantes da cadeia. Segundo os autores, a prática de vinculação da tecnologia, nesse segmento, tem potencial para cessar o modo linear de produção encontrado atualmente na maioria das gestões de obras, podendo atingir o modo circular de reaproveitamento dos resíduos gerados.

Para Akram *et al.* (2021), a tecnologia *blockchain* é apropriada para uma gestão mais eficiente de resíduos sólidos, já que fornece as aplicações de atividades de rastreamento de tempo, transações de dados seguras e a possibilidade de inclusão sistemas de recompensas automáticas. Neste estudo, os autores apresentam o uso da *blockchain* alinhada a outros sistemas e tecnologias, criando um sistema efetivo de recompensa, baseado no pagamento automático aos usuários que realizarem o correto descarte do lixo. A *blockchain* é integrada para implementar o sistema de recompensa seguro, já que promove a autenticação dos dados, sem a possibilidade de intervenção ou adulteração dos dados.

Com base na análise dos artigos de referência, a pergunta "Como a tecnologia *blockchain* pode aprimorar a troca de informações entre os agentes participantes de cadeias de suprimentos circular?" é respondida através da demonstração da criação e aprimoramento das questões relacionadas aos conceitos de imutabilidade, confiabilidade e rastreabilidade. Tais conceitos são citados na maior parte dos estudos (BOSCHI; POLLICE; BATOCCHIO, 2020; CASADO-VARA *et al*., 2018; HASTIG; SODHI, 2020; ROTARI, 2021; GOMES *et al.*, 2021, COSTA *et al*., 2021, ROMERO; SALAMANCA RIVERA, 2019; CHIPEDATIL *et al*., 2020), demonstrando que, através da inclusão da tecnologia *blockchain*, a transparência no que se refere ao tratamento dos dados e informações gerados no decorrer da cadeia podem se tornar cada vez mais seguros (BOSCHI; POLLICE; BATOCCHIO, 2020; CASADO-VARA *et al*., 2018), garantindo a todos os participantes da cadeia uma maior credibilidade frente a seus consumidores (BOSCHI; POLLICE; BATOCCHIO, 2020; CASADO-VARA *et al*., 2018; FERREIRA *et al*., 2021; HASTIG E SODHI, 2020).

No caso específico de uma cadeia de suprimento circular, a *blockchain* aprimora as informações e os dados principalmente porque possibilita ao agente o acesso ao ciclo do produto, desde a sua origem até à sua reinserção no meio, podendo estabelecer os critérios

necessários para uma melhor armazenagem, transporte e despacho do produto em questão (KOUHIZADEH; ZHU; SARKIS, 2019; FRANÇA *et al.*, 2020; NANDI *et al*., 2021; BERDIK *et al*., 2021; KHADKE *et al.*, 2021).

Visando responder a pergunta "De que maneira a tecnologia *blockchain* se mostra como uma importante ferramenta para promover confiabilidade e rastreabilidade de informações no que se refere ao gerenciamento de uma cadeia de suprimentos circular?" os dados obtidos na revisão sistemática mostram a tecnologia *blockchain* como uma importante aliada das cadeias de suprimentos em geral, já que fornece a clareza e transparência a todos envolvidos ao longo da cadeia, descentralizando o acesso das informações apenas às partes responsáveis por cada uma das etapas, tornando essa informação generalizada e compartilhada à toda a rede (KOUHIZADEH; ZHU; SARKIS, 2019; REHMAN KHAN *et al*., 2021; O'LEARY, 2017; ROTARI, 2021; BERDIK *et al*., 2021). Os conceitos de rastreabilidade e confiabilidade são amplamente discutidos pelos autores (BOSCHI; POLLICE; BATOCCHIO, 2020; CASADO-VARA *et al*., 2018; HASTIG; SODHI, 2020; ROTARI, 2021; GOMES *et al*., 2021; AKRAM *et al*., 2021), demonstrando que essas características são inerentes à aplicação da *blockchain*.

No caso específico do tratamento das informações, assegura as ações de todos os agentes, permitindo que estes tenham maior controle e segurança quanto aos processos que estão sendo desenvolvidos ao longo da cadeia (ROTARI, 2021; CASADO-VARA *et al*., 2018; FERREIRA *et al*., 2021; REHMAN KHAN *et al*., 2021; HASTIG E SODHI, 2020). Nas cadeias circulares, a confiabilidade e a rastreabilidade são cruciais para a determinação do ciclo do produto, tendo o consumidor final maior segurança quanto à qualidade dos processos realizados para a reinserção do produto no meio (FRANÇA *et al*., 2020; ROTARI, 2021; ROMERO; SALAMANCA RIVERA, 2019; KHADKE *et al*., 2021; CHIPEDATIL *et al*., 2020; COSTA *et al*., 2021; AKRAM *et al*., 2021)

Os estudos de caso encontrados, através das combinações de *strings* utilizadas, trazem pesquisas relativas ao uso da tecnologia *blockchain* em cadeias circulares no Brasil, Espanha e Cingapura. Demonstrando, portanto, que essa é uma linha de pesquisa a ser explorada, visando perspectivas de diferentes regiões do mundo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo buscou, por meio de uma revisão sistemática de literatura, identificar as contribuições obtidas por meio da inclusão da tecnologia *blockchain* dentro do funcionamento de cadeias de suprimentos circular, no que se refere às melhorias dentro do contexto de tratamento das informações. Os artigos estudados apresentam, através de diferentes óticas de aplicação, o funcionamento da tecnologia alinhado aos conceitos de cadeias de suprimentos circulares. O apanhado geral permite a visualização e entendimento do potencial de uso da *blockchain* dentro das cadeias de suprimentos circulares, objetivando impactar positivamente na logística dessas cadeias, trazendo benfeitorias aos agentes envolvidos nesses processos, ao consumidor final e ao meio ambiente e ecossistemas.

A análise dos resultados permitiu responder às duas questões centrais do estudo, através da qual pôde-se inferir que a inclusão da tecnologia *blockchain* pode trazer melhorias, principalmente no âmbito de segurança ao tratamento das informações das cadeias de suprimentos circulares, pois permite que todos os participantes possam ter acesso aos processos, descentralizando responsabilidades, e tornando mais transparente as ações realizadas no decorrer das atividades das cadeias.

A *blockchain* é uma tecnologia nova oriunda da Indústria 4.0, necessitando, portanto, de uma maior maturidade e aprofundamento de estudos técnicos sobre o potencial de seu uso nas mais diversas esferas de aplicação. Por outro lado, diversas são as melhorias citadas e observadas nos artigos utilizados como base para a realização dessa revisão sistemática,

demonstrando que apesar da desconfiança inicial comum a qualquer novidade altamente disruptiva, ela apresenta uma gama diversificada de possibilidades de uso que garantem melhorias na eficiência e gestão dos processos das cadeias de suprimentos.

O tratamento das informações e dados gerados nas múltiplas ações de logística do mercado necessitam cada vez mais de segurança e clareza, isso porque, através das inúmeras transações realizadas, os envolvidos nos processos precisam estar assegurados sobre o real funcionamento da engrenagem das cadeias de suprimentos. Nesse contexto, a *blockchain* pode possibilitar e assegurar melhorias no que se refere à criação, troca e tratamento das informações.

Ainda quanto ao trato das informações e dados gerados pelos agentes das cadeias de suprimentos circular, verificou-se que o tratamento das informações oriundas das ações dos agentes das cadeias de suprimentos circulares é aprimorado com o uso da tecnologia *blockchain*, isso porque ela garante a todos os envolvidos que os dados gerados e observados são imutáveis, confiáveis e rastreáveis. Assim, demonstrando que a aplicabilidade da tecnologia para o contexto da economia circular é de grande valia, uma vez que permite que os agentes envolvidos nos processos tenham maior segurança sobre as etapas em que estão inseridos, além de garantir maior segurança e transparência ao consumidor final sobre o produto que está recebendo, tendo certeza de sua origem e o caminho percorrido até chegar em seu domínio.

Para direcionamento de estudos futuros, sugere-se a realização de estudos de casos aplicados, procurando unir a inserção da tecnologia *blockchain* juntamente à da Internet das Coisas (IoT) dentro das cadeias de suprimentos de diversos setores industriais. A junção das tecnologias citadas demonstra potencial de aplicabilidade, principalmente no que se refere à expansão das melhorias dos processos das cadeias.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, J.L. A economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. In: **XI Congresso Nacional de Excelência em gestão**, 2015.

BAKHTIARIZADEH, E. et al. *Blockchain* and Information Integration: Applications in New Zealand's Prefabrication Supply Chain. **Buildings**, v. 11, n. 12, p. 608, 2021.

BARRETO NETO, J. F. et al. Plataforma de gestão de resíduos para o fomento da economia circular na construção civil. In: Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção, v. 12, 2021. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2021.

Blockchain no setor público: Guia de conceitos e usos potenciais. 1ª Edição. Estratégia nacional de combate à corrupção e à lavagem de dinheiro. **ENCCLA**, [S.l.], 2020. Disponível em: <http://enccla.camara.leg.br/acoes/arquivos/resultados-enccla-2020/*blockchain*-no-setor-publico-guia-de-conceitos-e-usos-potenciais>. Acesso em 15 fev. 2022.

BEKRAR, A. et al. Digitalizing the closing-of-the-loop for supply chains: A transportation and *Blockchain* perspective. **Sustainability**, v. 13, n. 5, p. 2895, 2021.

BERDIK, D. et al. A survey on *blockchain* for information systems management and security. **Information Processing & Management**, v. 58, n. 1, p. 102397, 2021.

BOSCHI, A; POLLICE, F; BATOCCHIO, A. *Blockchain* como elemento viabilizador na gestão da economia circular das cadeias de suprimentos. **Anais do VIII SINGEP – São Paulo**, 2020.

CASADO-VARA, R. et al. How *blockchain* improves the supply chain: Case study alimentary supply chain. **Procedia computer science**, v. 134, p. 393-398, 2018.

CHIDEPATIL, A. et al. From trash to cash: how *blockchain* and multi-sensor-driven artificial intelligence can transform circular economy of plastic waste? **Administrative Sciences**, v. 10, n. 2, p. 23, 2020.

COSTA, M.M. et al. *Blockchain* para fomento da Economia Circular na Construção: um

panorama sobre a produção científica. **Simpósio brasileiro de tecnologia da informação e comunicação na construção**, v. 3, p. 1-13, 2021.
CRONIN, P. et al. Undertaking a literature review: A steb-by-step approach. **British Journal of Nursing**, v. 17, n. 1, p. 38-43, 2008.
FERREIRA, A.G. et al. Potencial da Aplicação de *Blockchain* para a Rastreabilidade de Cadeias de Alimentos Sustentáveis: um estudo prospectivo. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 3, p. 981-981, 2021.
FRANÇA, A. S. L. et al. Proposing the use of *blockchain* to improve the solid waste management in small municipalities. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118529, 2020.
GOMES, R.O. et al. Proposta de uso da tecnologia de registro *blockchain* na gestão de suprimentos da construção civil. **Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção**, v. 12, p. 1-10, 2021.
HASTIG, G. M.; SODHI, M.S. *Blockchain* for supply chain traceability: Business requirements and critical success factors. **Production and Operations Management**, v. 29, n. 4, p. 935-954, 2020.
HIGGINS, J.P.T. et al. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions** – John Wiley & Sons, 2019.
KHADKE, S. et al. Efficient plastic recycling and remolding circular economy using the technology of trust–*blockchain*. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 9142, 2021.
KOUHIZADEH, M; ZHU, Q; SARKIS, J. *Blockchain* and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. **Production Planning & Control**, v. 31, n. 11-12, p. 950-966, 2020.
LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, v. 1, n. 2, p. 150-171, 2015.
MALLETT, R. et al. The benefits and challenges of using systematic reviews in international development research. **Journal of Development Effectiveness**, v. 4, n.3, p. 445-455, 2012.
NANDI, S. et al. Redesigning supply chains using *blockchain*-enabled circular economy and COVID-19 experiences. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 10-22, 2021.
O'LEARY, D.E. Configuring *blockchain* architectures for transaction information in *blockchain* consortiums: The case of accounting and supply chain systems. **Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management**, v. 24, n. 4, p. 138-147, 2017.
PIRES, G.S; MARTINS, C.M. Economia circular e os avanços da temática: um estudo bibliográfico. **Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, 2021.
REHMAN KHAN, S.A. et al. The role of block chain technology in circular economy practices to improve organisational performance. **International Journal of Logistics Research and Applications**, p. 1-18, 2021.
ROMERO, E.L.P; SALAMANCA RIVERA, S.K. Análisis del. manejo de información de los resíduos aprovechables, con la tecnología *blockchain*, para la ciudad de Bogotá. **Repositório Universidad Distrital Francisco José Caldas**, 2019.
ROTARI, V. *Blockchain* aplicado a empresas de reciclaje y valorización de la economía circular, **Repositorio Unican – Universidad de Cantabria,** 2021.
UMAN, L.S. Systematic reviews and meta-analyses. **Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry**, v. 20, n. 1, p. 57, 2011.