



BLOCKCHAIN NA ECONOMIA CIRCULAR: UM ESTUDO SOBRE O USO DA TECNOLOGIA NA RASTREABILIDADE E RECICLAGEM DE RESÍDUOS

Adriana Santiago Souza Kroetz, Camila Inocência da Silva, Wellington Penas,
Mauro Martens, Roberto Bazanini

RESUMO: A aplicação da tecnologia *Blockchain* na Economia Circular, no contexto da reciclagem e rastreabilidade de resíduos, é um campo de pesquisa acadêmico que apresenta implementação crescente na indústria. Dentre os inúmeros benefícios da economia circular pode-se destacar a redução do desperdício e a maximização do valor dos recursos, em contraposição ao modelo tradicional de economia linear, que envolve a eliminação, produção, uso e descarte de produtos. Além disso, é válido ressaltar que uma implementação eficaz do *Blockchain* na economia circular requer a colaboração de várias partes interessadas, incluindo empresas, governos e organizações não governamentais. O objetivo desse estudo é entender a correlação entre o tema economia circular e o *Blockchain*, a partir de uma revisão da literatura, no qual os resultados da pesquisa indicam mudanças no modelo de produção da indústria, com implementação de práticas de EC que contribuem com a otimização dos processos de reciclagem, como o design para a circularidade unido ao *Blockchain*, tecnologia que propicia segurança, transparência e descentralização da informação propiciando a rastreabilidade do resíduo, o que corrobora com a reciclagem, contribuindo com o objetivo de Desenvolvimento Sustentável da ONU - ODS 12 - Consumo e Produção Sustentáveis e ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura.

Palavras-Chave: economia circular, sustentabilidade, *blockchain*.

1. INTRODUÇÃO

A economia circular (EC) é um conceito que se concentra na redução do desperdício, na reutilização de recursos e na reciclagem de produtos, em oposição ao modelo linear tradicional de produção e descarte (KIRCHHERR et al., 2017, p.229). Neste sentido visando aprofundar as discussões sobre esse conceito propõe-se a necessidade da incorporação de tecnologias auxiliares para a ampliação no mercado, e nesse contexto o *Blockchain* se enquadra com opção tecnológica que ampara as informações da EC (TANG et. al., 2022).

Partindo da premissa que *Blockchain* é uma tecnologia de registro digital descentralizada e distribuída usada para registrar transações em vários computadores, ressalta-

se a forma segura, transparente e resistente a adulterações (YILDIZBASI, 2021). Ressalta-se a importância da análise de questões relacionadas à privacidade, regulamentação e interoperabilidade entre diferentes sistemas de *Blockchain* (PAPADOPOULOS et al., 2022).

Entende-se, assim, que o uso do *Blockchain* na economia circular no Brasil tem o potencial de trazer benefícios significativos para a promoção da sustentabilidade, e disseminação de práticas responsáveis em relação ao meio ambiente e aos recursos naturais (BÖCKEL, NUZUM e WEISSBROD, 2021). Conforme destaca Draghici e Ivascu (2022) a relação entre o *Blockchain* e a EC pode contribuir para através da mudança do modelo de produção.

Portanto a análise da relação entre EC e *Blockchain* é o foco desse estudo, visando à identificação de práticas sobre rastreabilidade de produtos, e sua relação com a gestão de resíduos e reciclagem. A questão norteadora da pesquisa é: Como a implantação *Blockchain* pode contribuir para a economia circular no Brasil? Para tanto, foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa conforme conceito de Bardin (2004), a pesquisa foi desenvolvida na base de dados *Scopus*, o resultado inicial foi analisado com o apoio do VosViewer, e posteriormente foi utilizado o método PRISMA para obtenção dos resultados pertinentes da pesquisa, a qual tem o objetivo identificar formas que o *Blockchain* pode ser utilizado na implementação de práticas e estratégias de economia circular.

O artigo está dividido em quatro seções: Introdução, em que são apresentados os elementos da pesquisa; Resultados da pesquisa bibliográfica, onde são apontadas a síntese dos argumentos e teorias encontradas; Metodologia, em que se descreve o tipo e a natureza da pesquisa; Análise da utilização do *Blockchain* na economia circular, com as evidências dos resultados obtidos na pesquisa; Discussão, onde foram apontados os principais dados; e Conclusão, onde se procurou realizar uma reflexão sobre os resultados obtidos com base nos objetivos da pesquisa, assim como apresentar a contribuição científica do estudo, e por fim descrever suas limitações.

2. RESULTADOS DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sustentabilidade

As necessidades humanas são consideradas como ilimitadas, entretanto o recurso utilizado para atender a tal demanda, são limitados, logo, surge à importância de compreensão do termo “sustentabilidade” que, de acordo com Comissão Brundtland (WCED, 1987) apud

Claro et al (2008, p. 289), com isso é cada vez mais latente a necessidade de a humanidade buscar “satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras” (ALMEIDA2009). A partir desse pensamento é possível associar o termo sustentabilidade a busca da sociedade por um a aplicação do desenvolvimento sustentável, considerado como um progresso viável ao longo do tempo, cuja condição fundamental é a capacidade do sistema socioeconômico de conservar energia e assegurar sua disponibilidade para as futuras gerações, conceito que pode ser empregado com eficiência.(de Lima, S. F., 2006).

Ademais a sustentabilidade visa conciliar a questão ambiental com a econômica, integrando o princípio fundamental da continuidade, pois nada pode ser considerado sustentável se não for contínuo (CAVALCANTI, 2001). Nesse sentido é notável que as empresas busquem melhores práticas em relação à temática (LÁZARO, e POLO, 2012), uma vez que procuram minimizar os efeitos sociais e ambientais, por meio da adaptação de produtos, processos e estruturas organizacionais (SÁNCHEZ, 2020), levando em consideração as perspectivas dos diversos intervenientes para conduzir negócios por meio de práticas que preservem o meio ambiente.”(SCHALTEGGER et. al., 2003 *apud* BENITES e POLO, 2013, p. 832).

2.2 Economia Circular

A Economia Circular (EC) constitui um novo arquétipo do sistema negócios para o futuro, visando novas práticas de gestão e oportunidades em harmonia com o meio ambiente (LEITÃO, 2015), este modelo difere-se do modelo tradicional linear de negócios que se concentra em extração, produção, uso e descarte (BRAUNGART et al., 2003; FISKEL, 2009; ELLEN MAC ARTHUR FOUNDATION, 2012). Destaca-se que EC é um modelo econômico que busca minimizar o desperdício e maximizar a eficiência dos recursos naturais, com a implantação de práticas para a redução, reutilização e reciclagem dos materiais (REJEB e ZAILANI, 2023). Em suma conforme Gonçalves (2019) “economia circular é um modelo econômico que promove novas oportunidades de negócios, trabalho colaborativo, preservação e aumento do capital natural, além de contribuições significativas para a sustentabilidade social, econômica e ambiental” (GONÇALVES e BARROSO, 2019).

A EC considera todo o ciclo de vida dos produtos desde a extração de matérias primas até o descarte final, buscando minimizar o impacto ambiental, a fim de manter o produto (material ou componente) em circulação pelo maior tempo possível (BOVEA e PÉREZ-BELIS,

2018). O conceito de EC traz novas perspectivas aos negócios, reduz o desperdício, otimizando o consumo de recursos (KIRCHHERR; REIKE e HEKKERT, 2017). Conforme Sadeghi (2023) a economia circular trata de temas como gerenciamento de mudanças e complexidade, administração e responsabilidade, colaboração para criação de valor mútuo, transparência e disponibilidade de informações (SADEGHI et al., 2023).

O tema é abrangente e seu estudo se relaciona com outros temas como a economia de compartilhamento, conceito que incentiva o compartilhamento de recursos, reduzindo a necessidade de produzir novos produtos (SCHOR, 2017). Ressalta-se que a Economia Circular também se atrela a idéia de design para a circularidade, onde o design do produto é pensado para a reutilização, reciclagem e reparação, de modo a evitar a obsolescência (BALBOA; SOMONTE, 2014).

2.3 Blockchain

O *Blockchain* foi originalmente desenvolvido como a tecnologia subjacente para a criptomoeda Bitcoin, mas desde sua criação encontrou aplicações em vários setores além do financeiro, ressalta-se que o termo *Blockchain* refere-se à forma como os dados são armazenados em “blocos” de informação e depois ligados entre si numa “cadeia” permanente (YAGA et. al., 2019). Trata-se de um sistema de registro de informações de forma que dificulta a adulteração das informações registradas, considerado um livro digital de transações, uma tecnologia de banco de dados que hospeda e mantém os registros conhecidos por blocos, em que cada bloco (transação) gera um link que se interliga a outros blocos, formando uma cadeia (SANTOS; PRATA e ARAÚJO, 2019).

A tecnologia *Blockchain* constitui-se em blocos para registrar diversas informações de transações, onde a rede verifica as transações usando algoritmos de consenso baseados em Hash (resposta para todo o problema com a equação matemática é chamada de Hash, da Silva Sendin, I. (1999)), e os blocos estão ligados entre si por cadeias de assinaturas digitais (MOUGAYAR e BUTERIN, 2016). Os autores Hollins (2018) e Oliveira (2018), especificam que, as transações realizadas na rede são registradas em um grande livro contábil que é chamado de *Blockchain*. Segundo Fagundes (2017), a tecnologia conta com algoritmos que registram e confirmam todas as transações de forma anônima e compartilha dentro da rede independentemente da localização da pessoa, ou seja, todos que estão conectados na rede possuem uma cópia idêntica (LIMA, 2021). Em conjunto a tecnologia *Blockchain* e a economia circular são dois conceitos

emergentes disruptivos que poderão alterar o nosso estilo de vida nos próximos séculos (KOUHIZADEH et al., 2023).

Posto isso a tecnologia *Blockchain* consiste em uma plataforma unificada, estudos apontam como características de “Descentralização”, ou seja, baseia-se em uma arquitetura descentralizada, o que o torna totalmente robusto, confiável e seguro (SAHOO e HALDER, 2020), de “Transparência” onde as transações normalmente abertas para qualquer pessoa ver, promovendo confiança no sistema, uma vez que todos os participantes podem verificar as transações de forma independente (RANA et al., 2021), e de “Segurança”, pois utiliza técnicas criptográficas para proteger transações e garantir a integridade dos dados, impossibilitando alterá-la ou excluí-la, sendo citada por estudiosos como uma tecnologia fundamental (IANSITI e LAKHANI, 2017) e disruptiva (JESSE, 2018; XU et al., 2019).

Outras características importantes são os Mecanismos de consenso como a Prova de Trabalho (PoW) ou Prova de Participação (PoS), que visam garantir transações válidas, ou seja as funções de registro, monitoramento e compartilhamento de informações podem se tornar mais legítimas, rápidas com o uso de *Blockchain* (KAMBLE, GUNASEKARAN e ARHA, 2019), todavia outra achado no estudo foi a aplicação da tecnologia para aplicação de Contratos Inteligentes onde plataformas *Blockchain* como Ethereum permitem a criação de contrato auto-executável com os termos do acordo escritos diretamente em código, que podem ser executados automaticamente quando condições predefinidas são atendidas (MUNSING et al., 2017).

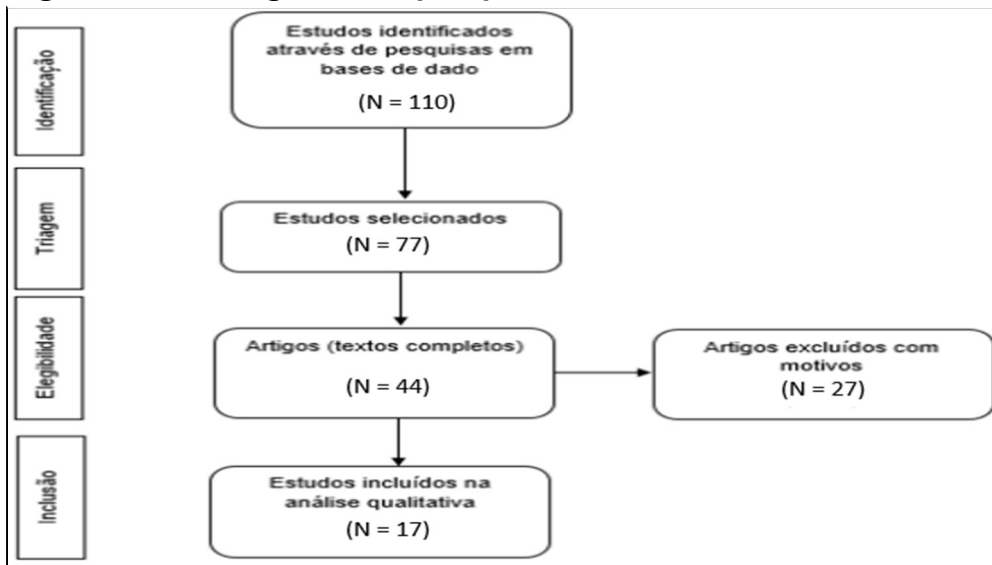
3. METODOLOGIA

A pesquisa utiliza o método qualitativo a partir de uma breve revisão da literatura, com o objetivo de agregar conhecimento em relação às interpretações existentes da temática abordada (BARDIN, 2004). A partir disso, de acordo com Donato e Donato (2019) *apud* Stefani e Delgado (2021), a revisão da literatura consiste em quatro aspectos essenciais, são eles: incluir a literatura relevante da respectiva área; seguir a metodologia adotada; definição da questão de investigação; e pelo menos, duas pessoas devem estar envolvidas.

Logo, a necessidade de foco da estrutura, organização e documentação, são essenciais para obtenção dos resultados pertinentes da pesquisa, uma vez que, quando da ausência destes, a tendência é que o conteúdo apresente informações que não são pertinentes ao tema de estudo

(STEFANI; DELGADO, 2021). A partir disso, de acordo com o método PRISMA, utilizou-se o seguinte fluxograma para a seleção dos artigos pertinentes ao tema, apresentado na figura 1.

Figura 01 - Fluxograma da pesquisa baseado no método PRISMA



Fonte: Adaptado de Do Nascimento et al. (2019).

O método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) consiste na utilização do *check-list* que recomenda 27 itens, os quais são descritos e exemplificados de forma detalhada para nortear a pesquisa (MOHER et al., 2009). Além disso, utiliza-se um fluxograma dividido em quatro fases conforme apresentado na figura 1: Identificação; Triagem; Elegibilidade e Inclusão (LIBERATI et al., 2009 *apud* DO NASCIMENTO et al., 2019).

Análise dos dados

Realizou-se uma busca na base Scopus com três palavras-chaves: “Economia Circular”; “Sustentabilidade” e “Blockchain”, com o objetivo de identificar a relevância e relação dos termos em diferentes documentos, no qual resultou em 110 artigos. Em relação ao tratamento dos dados, utilizou-se o sistema VosViewer para análise bibliométrica dos artigos (ALVES et al., 2022).

Reciclagem, Rastreabilidade, Agro e Alimentos, Estudos de casos regionais. Com isso a cerne dos artigos da pesquisa foi definida com foco em rastreabilidade de resíduos e reciclagem, com base em 17 artigos o qual contemplam a análise deste estudo (BARDIN, 2004).

4. ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO BLOCKCHAIN NA ECONOMIA CIRCULAR

Conforme Sacco (2021) *apud* Batool, Ye e Wang (2023), é viável a relação entre a tecnologia *Blockchain* e a Economia Circular, essa abordagem visa melhorar a eficiência e promover o crescimento da cadeia de abastecimento sustentável, pois converte a cadeia de produção em formato digitalizado, tornando-a rastreável, portanto prática ética e ambientalmente responsável (KOUHIZADEH, 2020 *apud* REJEB e ZAILANI, 2023). No futuro indústrias insustentáveis serão substituídas por modelos dinâmicos, desse modo novas soluções tecnológicas juntamente a EC são exemplos da evolução nos sistemas industriais (ANGELIS, 2018 *apud* SADEGHI, et al., 2023), em contraponto a cadeia de abastecimento da economia linear tradicional de “Pegar – Fazer-Descartar” (SADEGHI, et al., 2023).

O *Blockchain* tem sido aclamado como uma tecnologia fundamental (IANSITI e LAKHANI, 2017) e disruptiva (JESSE, 2018; XU et al., 2019), com isso a adoção dessa tecnologia tende a contribuir para a redução ou eliminação de forma significativa dos resíduos gerados pelos diferentes processos provenientes da indústria (REJEB et al. 2022). Destaca-se na relação da tecnologia *Blockchain* a EC a possibilidade de identificar a origem do produto e respectivo destino do resíduo, pois suas informações são armazenadas de modo transparente e seguras (TAYLOR et al, 2020 *apud* BHUBALAN et al., 2022). Não obstante todos os participantes do processo podem verificar cada transação e, conseqüentemente, a operação se torna imutável, impossibilitando que a informações seja reordenada ou sobrescrita, gerando registros confiáveis e transparentes (REJEB e ZAILANIT, 2023).

Logo, pode-se destacar da utilização desta tecnologia para realizar a rastreabilidade do produto, devida à capacidade de armazenar condições e termos de registros digitalmente com plano de recuperação (FIGUEIREDO, 2004)., e conseqüentemente, “essa capacidade pode melhorar a gestão de resíduos entre as empresas” (REJEB, 2022). Portanto a tecnologia *Blockchain* pode ser aplicada para rastrear produtos ao longo de sua vida útil em um contexto de Economia Circular (LANSITI e LAKHANI, 2017, *apud* UPADHYAY et al, 2021; XU et al., 2019). Por conseguinte, este processo pode contribuir na identificação de oportunidades de economia de recursos e na otimização dos processos de reciclagem, utilizando o *Blockchain*

como plataforma de banco de dados abrangendo a Avaliação do Ciclo de Vida – ACV (SHOJAEI et al., 2019 *apud* BÖCKEL, NUZUM e WEISSBROD, 2021).

Ressalta-se que a gestão de resíduos é um componente essencial da Economia Circular e o uso do *Blockchain* pode auxiliar no processo de gestão de dados de processos complexos como o da cadeia de suprimentos sustentável (SABERI, KOUHIZADEH, SARKIS, e SHEN, 2019 *apud* CASTIGLIONE et al., 2023), contribuindo também com o desenvolvimento da Indústria 4.0 (ZHENG, ARDOLINO, BACCHETTI e PERONA, 2021 *apud* CASTIGLIONE et al., 2023) com difusão da gestão de resíduos propiciada pela otimização das informações através da rastreabilidade (KOUHIZADEH, SARKIS e ZHU, 2019; KOUHIZADEH, ZHU e SARKIS, 2020), por fim contribuindo para a sociedade atingir Objetivos de Sustentabilidade ODS 12 - Consumo e Produção Sustentáveis e a ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura, que tem como meta promover a industrialização sustentável, e fomentar a inovação (ONU, 2023).

Descobertas do estudo analisados nesta pesquisa evidenciam que a integração da tecnologia Blockchain na Economia Circular tem uma associação significativa no âmbito econômico e ambiental de uma sociedade, achados indicam que “a produção verde, o design verde, a reengenharia e a reciclagem têm um impacto afirmativo no desempenho econômico de 0,35% e no desempenho ambiental de 0,36% de uma sociedade” (BATOOL, YE e WANG, 2023). Em complemento pesquisadores anuem que abordagens de EC, como reutilização, remanufatura, reparo e reciclagem, promoverão práticas de produção e consumo mais sustentáveis (REJEB et al., 2022).

Todavia pesquisas indicam que futuramente o modelo industrial linear será substituído por óticas mais dinâmicas, viáveis e sustentáveis (SILLANPÄÄ e NCIBI 2019), e segundo Tiscini (2020) com modelos de negócios sustentáveis, contexto ao qual a EC unida a BC se encaixa por contemplar soluções dinâmicas como o gerenciamento distribuído e a validação das transações com agilidade (TISCINI et al., 2020). Estudos apontam como principal benefício para a EC do uso da inovação tecnológica Blockchain a rastreabilidade e confiabilidade das informações Tang et al. (2022) e Batool (2023), cita união que se enquadra como sistema aplicável devido a seus “sistemas eficazes e eficientes de troca de informações, sua praticidade e seus aspectos funcionais” (BATOOL, YE e WANG, 2023).

5. DISCUSSÃO

Quanto à relação do BC com a EC, pode-se observar que a rastreabilidade dos resíduos tende a ser o principal foco (CHIDEPATIL et al., 2020)., uma vez que, as partes envolvidas podem realizar a identificação e aplicar o processo do ciclo de reuso dos resíduos (GONG et al., 2022). No entanto, é importante notar que a implementação bem-sucedida do *Blockchain* na Economia Circular requer cooperação entre empresas, governos e a sociedade civil (REJEB e ZAILANI, 2023), e para isso é necessário priorizar estudos quanto aos desafios do processo de integração na indústria (YILDIZBASI, 2021).

O uso da tecnologia *Blockchain* na EC tem o potencial de revolucionar aumentando a transparência, a segurança e a eficiência nas transações e na gestão de dados, e seu desenvolvimento e adoção continuam a evoluir à medida que as organizações exploram as suas capacidades e limitações, contribuindo para a Indústria 4.0 através da perspectiva da sustentabilidade (UPADHYAY et al, 2021). Entretanto Lawrence (2019) elenca os principais obstáculos para programar a tecnologia Blockchain, tais como os tipos de estruturas tributárias são adequados (LIMA, 2021).

A tecnologia *Blockchain* e a EC têm a capacidade de se complementar e se beneficiar mutuamente em vários aspectos, a tecnologia tem um potencial facilitador devido a promover processos dinâmicos que rompem barreiras e propicia impacto na indústria contribuindo para o ODS9 (GOVINDAN, 2022). Estudos buscam analisar os sistemas de informação presentes na tecnologia *Blockchain*, a fim de analisar a melhoraria significativamente do desempenho e progresso da EC (KOUHIZADEH, ZHU e SARKIS, 2023).

Portanto a tecnologia *Blockchain* pode desempenhar um papel fundamental na promoção e no fortalecimento da EC, tornando-a mais transparente, eficiente e sustentável, “permitindo a verificação e rastreamento de cada material e componente, tornando o planejamento proativo para sua reutilização uma realidade tangível” (SHOJAEI et al., 2021). Além do exposto essa união oferece ferramenta que podem verificar a especificação do produto quanto à sustentabilidade, facilitar o compartilhamento de recursos e melhorar a gestão de recursos em uma economia que busca reduzir o desperdício, promover a reutilização de materiais e gestão de resíduos (CASTIGLIONE et al., 2023).

Conforme estudo um dos focos da Economia circular é a reciclagem, reutilização e recuperação de produtos e materiais (TADDEI et al., 2022), no Brasil a reciclagem é um contexto difundido na sociedade e quanto a relação deste assunto ressalta-se que a união do *Blockchain* a EC, pode promover benefícios para a difusão da reciclagem na sociedade, pois

uma vez rastreado o resíduo a indústria geradora pode promover sua reciclagem, conforme Esmaeliana *et al* (2020) *apud* Rejeb (2021) os consumidores tendem a contribuir com os próprios fabricantes dos produtos, uma vez que, poderão realizar ações conjuntas para reciclagem resíduos, promovendo redução da geração de resíduo, e ambos sendo recompensado pelo comportamento sustentável. Neste contexto estudos de marcadores d'água de plásticos podem auxiliar na gestão sustentável de resíduos no progresso da economia circular (BHUBALAN *et al.*, 2022).

6. CONCLUSÃO

As diferentes ações da sociedade tendem a impactar tanto no curto quanto no longo prazo, portanto, pode-se observar a necessidade de atender as diferentes gerações da humanidade, uma vez que, os recursos utilizados são limitados e as necessidades humanas são ilimitadas. Logo, é notável que a Economia Circular tenda a ser uma temática relevante para a contribuição de uma sociedade cada vez mais sustentável. Deste modo, este estudo analisou a utilização do *Blockchain* para a Economia Circular, e como resultado evidenciou-se como contribuição a maior transparência e confiabilidade das informações e a utilização dos dados para a rastreabilidade dos resíduos, devido segurança da informação e sua imutabilidade quando dos registros das transações.

Perante o exposto, como resultado da pesquisa têm-se a contribuição acadêmica da análise da relação do tema investigado, o qual se destaca a confirmação do estudo quanto ao uso da tecnologia *Blockchain* de forma a contribuir de forma significativa para a Economia Circular, propiciando rastreabilidade e confiabilidade das informações, permitindo a verificação e rastreamento dos resíduos, promovendo economia de recursos e na otimização dos processos de reciclagem. E como contribuição e aplicabilidade do estudo para o mercado registram-se a oportunidade de desenvolvimento do design para a circularidade e a contribuição de inovação para a Indústria 4.0 através da perspectiva da sustentabilidade, da associação significativa no âmbito econômico e ambiental de uma sociedade, e da difusão da reciclagem na sociedade.

Contudo, pode-se enfatizar que, quanto aos artigos contemplados neste ensaio teórico, estes se limitam a estudos acadêmicos, os quais carecem de pesquisas que contemplam à prática, ou seja, para pesquisas futuras se faz necessário a validação junto a empresas do mercado, que podem contribuir para a validação do uso da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de

resíduos e, conseqüentemente difusão da reciclagem. Sendo essa uma limitação deste estudo, e quanto ao assunto este artigo indica como tema importante para estudos futuros.

REFERÊNCIAS

- Almeida, J. C. D. (2009). A indústria sucroalcooleira-energética e os recursos hídricos: rio Santo Antônio Grande, Alagoas. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5249>
- Alves, A. O., Becker, B. F., de Souza Maia, J. C., Della-Silva, J. L., & de Abreu Nachbar, L. (2022). Análise bibliométrica de publicações científicas em bionegócios utilizando o VOSVIEWER. *Research, Society and Development*, 11(11), e369111133660-e369111133660. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33660>
- Angelis J, Ribeiro da Silva E (2019) Adoção de Blockchain: uma perspectiva geradora de valor. *Ônibus Horiz* 62:307–314. <https://doi.org/10.1007/s13527-019-00000-0>
- Balboa, CH e Somonte, MD (2014). A economia circular como enquadramento do ecodesign: o modelo ECO III. *Informante Técnico*, 78 (1), 82-90. Disponível em: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/71.
- Bardin, L. (2004). Análise de conteúdo. 3ª. Lisboa: Edições, 70(1), 223.
- Batool, H., Ye, X., & Wang, T. (2023). Studying the Relationship between Block Chain Technology and Circular Economy Dimensions from Production Aspect and Its Association with Organizational Performance: A Case Study of Pakistani Firms. *ABAC Journal*, 43(3). Disponível em: <http://www.assumptionjournal.au.edu/index.php/abacjournal/article/view/7492>
- Böckel, A., Nuzum, A. K., & Weissbrod, I. (2021). Blockchain for the circular economy: analysis of the research-practice gap. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 525-539. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550920314056?casa_token=OUWGWiTsQVcAAAAA:mga5_gXdArgAki9AIYoCmNSVoxoVY4JTConQbAfYLFtGK9g06rKdcBMDn0bPY9UBKIWPCclDiqw
- Bovea, MD e Pérez-Belis, V. (2018). Identificando diretrizes de design para atender aos princípios da economia circular: um estudo de caso em equipamentos elétricos e eletrônicos. *Jornal de gestão ambiental*, 228, 483-494. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718308855>.
- Bhubalan, K., Tamothran, A. M., Kee, S. H., Foong, S. Y., Lam, S. S., Ganeson, K., ... & Ramakrishna, S. (2022). Leveraging blockchain concepts as watermarkers of plastics for sustainable waste management in progressing circular economy. *Environmental Research*, 213, 113631. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122009586?casa_token=FSXRcWmMHsAAAAA:aLqgvFWZvr9BtY2yKTMX_cy7NcPmb7iICW59FffD9rJxiVHzTuNlAsbAxtoklY0cW8wxel9xrw
- Cavalcanti, C. (2001). Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. Disponível em: https://www.academia.edu/download/46210777/2_-_meio_ambiente.pdf.
- Castiglione, A., Cimmino, L., Di Nardo, M., & Murino, T. (2023). A framework for achieving a circular economy using the blockchain technology in a sustainable waste management system. *Computers & Industrial Engineering*, 180, 109263. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835223002875?casa_token=skM30E

Udy10AAAAA:MT7HdvPtOxYWhUfUJq48PmcvRVc6PaPyyiyIVij1DVIQDfe6neHw1wPY-8QCJEHsG100-5MNWoI.

Chidepatil, A., Bindra, P., Kulkarni, D., Qazi, M., Kshirsagar, M., & Sankaran, K. (2020). From trash to cash: how blockchain and multi-sensor-driven artificial intelligence can transform circular economy of plastic waste? *Administrative Sciences*, 10(2), 23. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3387/10/2/23>. de Lima, S. F. (2006). Introdução ao conceito de sustentabilidade aplicabilidade e limites. *Cadernos da Escola de Negócios*, 1(4). Disponível em: <https://portaldeperiodicos.unibrasil.com.br/index.php/cadernosnegocios/article/view/2150>. da Silva Sendin, I. (1999). *Funções de Hashing Criptográficas* (Doctoral dissertation, [sn]). Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=489251>.

do Nascimento, R. F., Canteri, M. H. G., & Kovaleski, J. L. (2019). Impacto dos Sistemas de Recompensas na Motivação Organizacional: Revisão Sistemática pelo Método PRISMA. *Revista Gestão & Conexões*, 8(2), 44–58. <https://doi.org/10.13071/regec.2317-5087.2019.8.2.23541.44-58> Fernandes, R. F. (2016). Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. *Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina*, 21(3), 550-563. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6868195.pdf>

Figueiredo, P. N. (2004). Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. *Revista Brasileira de inovação*, 3(2), 323-361. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648901>.

Fujita, M. S. L. (1999). A leitura do indexador: estudo de observação. *Perspectivas em ciência da informação*, 4(1). Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/pci/article/view/23267>.

Gonçalves, T. M., & Barroso, A. F. D. F. (2019). A economia circular como alternativa à economia linear. *Anais do XI SIMPROD*. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/12561>

Gong, Y., Xie, S., Arunachalam, D., Duan, J., & Luo, J. (2022). Blockchain-based recycling and its impact on recycling performance: A network theory perspective. *Business Strategy and the Environment*, 31(8), 3717-3741. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.3028?casa_token=ZgJ4a4RAVD0AAAAA:2eYhYw92sIf6f4VI_lh02httqWSXc1-JHWrpM5Kd-QYreLu-y9EHnUnI87cvs6rWctYez_l8Xx0xya8

Govindan, K. (2022). Tunneling the barriers of blockchain technology in remanufacturing for achieving sustainable development goals: A circular manufacturing perspective. *Business Strategy and the Environment*, 31(8), 3769-3785. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.3031>.

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceituando a economia circular: uma análise de 114 definições. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221-232.

Kouhizadeh, M., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2023). Circular economy performance measurements and blockchain technology: an examination of relationships. *The International Journal of Logistics Management*, 34(3), 720-743. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLM-04-2022-0145/full/html>.

Lázaro, L. L. B., & Polo, E. F. (2012). A sustentabilidade como ferramenta estratégica empresarial: a governança corporativa e aplicação do Triple Bottom Line na Masisa. *Gestão empresarial sustentável: uma perspectiva internacional pós-Rio+ 20*. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002318610>

Leitão, A. (2015). Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting, 1(2), 149-171. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.14/21110>.

Lima, V. A. C. D. (2021). Blockchain: uma abordagem bibliográfica. Disponível em: <https://dspace.uniceplac.edu.br/handle/123456789/464>.

McDonough, W., Braungart, M., Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2003). Peer reviewed: Applying the principles of green engineering to cradle-to-cradle design. Environmental science & technology, 37(23), 434A-441A. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es0326322>.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*, T. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Annals of internal medicine, 151(4), 264-269. Disponível em: <https://www.acpjournals.org/doi/abs/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>.

ONU, 2023. Objetivos Sustentáveis. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>

Papadopoulos, T., Singh, S. P., Spanaki, K., Gunasekaran, A., & Dubey, R. (2022). Towards the next generation of manufacturing: implications of big data and digitalization in the context of industry 4.0. Production Planning & Control, 33(2-3), 101-104. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2020.1810767>.

Rejeb, A., Zailani, S., Rejeb, K., Treiblmaier, H., & Keogh, J. G. (2022). Modeling enablers for blockchain adoption in the circular economy. Sustainable Futures, 100095. Disponível em:

Rejeb, A., & Zailani, S. (2023). Blockchain Technology and the Circular Economy: A Systematic Literature Review. [Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems], 11(2)], 1-25. DOI: 10.1016/j.rcradv.2022.200126. Disponível em: <https://www.sdewes.org/jsdewes/pid10.0436>.

Sánchez, L. E. (2020). Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. Oficina de textos. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=2bFZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=Minimizar+os+efeitos+sociais+e+ambientais,+por+meio+da+adaptaçã+de+produtos,+processos+e+estruturas+organizacionais,+levando+em+consideraçã+as+perspectivas+d+diversos+intervenientes+para+conduzir+negócios+por+meio+de+práticas+que+preservem+o+meio+ambiente.&ots=lf_KdWM-LB&sig=2YuPIJnGX-ITYORduZ3DN6OFJhU.

Sadeghi, M., Mahmoudi, A., Deng, X., & Luo, X. (2023). Prioritizing requirements for implementing blockchain technology in construction supply chain based on circular economy: Fuzzy Ordinal Priority Approach. International Journal of Environmental Science and Technology, 20(5), 4991-5012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-022-04298-2>.

Sillanpää M, Ncibi C (2019) A economia circular_ estudos de caso sobre a transição da economia linear. Candice Janco, Londres, Reino Unido. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/>.

Schor, J. (2017). Debatendo a economia do compartilhamento. Economias do compartilhamento e o direito. Curitiba: Juruá, 21-40. Disponível em: https://www.internetlab.org.br/wp-content/uploads/2017/12/Economias_do_compartilhamento_e.pdf#page=22.

Shojaei, A., Ketabi, R., Razkenari, M., Hakim, H., & Wang, J. (2021). Enabling a circular economy in the built environment sector through blockchain technology. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126352. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621005722?casa_token=Hh2HqBPY18kAAAAA:ocP5lqpg2MXe6n9vIzxCNjo-1_lJbxB0bIx-MuYBBGd-ih-iA0hvneehGqAOHut9m9eFGw1l2Co.

Stefani, S. R., & Delgado, C. (2021). Sustentabilidade organizacional e suas métricas: revisão sistemática utilizando o método PRISMA. *Revista Gestão em Análise*, 10(3), 204-219.

Taddei, E., Sassanelli, C., Rosa, P., & Terzi, S. (2022). Cadeias de abastecimento circulares na era da Indústria 4.0: Uma revisão sistemática da literatura. *Computadores e Engenharia Industrial*, 108268.

Tang, Y. M., Chau, K. Y., Fatima, A., & Waqas, M. (2022). Industry 4.0 technology and circular economy practices: business management strategies for environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(33), 49752-49769. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-19081-6>.

Tiscini, R., Testarmata, S., Ciaburri, M., & Ferrari, E. (2020). The blockchain as a sustainable business model innovation. *Management Decision*, 58(8), 1621-1642. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MD-09-2019-1281/full/html>

Upadhyay, A., Mukhuty, S., Kumar, V., & Kazancoglu, Y. (2021). Blockchain technology and the circular economy: Implications for sustainability and social responsibility. *Journal of cleaner production*, 293, 126130. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621003504?casa_token=xIf4nLE1O7kAAAAA:xmzriQmidVMCxd9UL2IkGvqIn1fjY6vCW--Gc_S8kHdfPw7qRuRT1fnegkIlrYmtAmVJPG4B9II.

Yildizbasi, A. (2021). Blockchain and renewable energy: Integration challenges in circular economy era. *Renewable Energy*, 176, 183-197. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121007291?casa_token=Xn_F0eZLqosAAAAA:fa1R3DUmOnxhCBTNUKRXPDFFM4rJgDE8Y5rsXpbobMwoNgQG14byHNt1oM6dJBNOVBkF-fk6hM.

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2019). Blockchain technology overview. *arXiv preprint arXiv:1906.11078*. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1906.11078>.

APÊNDICE

TÍTULO EM INGLÊS	TÍTULO EM PORTUGUÊS	AUTORES	ANO
A framework for achieving a circular economy using the blockchain technology in a sustainable waste management system.	Uma estrutura para alcançar uma economia circular usando a tecnologia blockchain em um sistema sustentável de gestão de resíduos.	Castiglione A.; Cimmino L.; Di Nardo M.; Murino T., Castiglione, Aniello.	2023
Barriers to Blockchain Adoption in the Circular Economy: A Fuzzy Delphi and Best-Worst Approach.	Barreiras à adoção do Blockchain na economia circular: um Delphi difuso e a melhor e a pior abordagem.	Rejeb A.; Rejeb K.; Keogh J.G.; Zailani S., "Rejeb, Abderahman.	2022
Blockchain and renewable energy: Integration challenges in circular economy era.	Blockchain e energia renovável: desafios de integração na era da economia circular.	Yildizbasi A.,Yildizbasi, Abdullah.	2021
Blockchain for the Circular Economy: Analysis of the Research-Practice Gap.	Blockchain para a Economia Circular: Análise da Lacuna entre Pesquisa e Prática.	Böckel A.; Nuzum A.-K.; Weissbrod I., Böckel, Alexa.	2021
Blockchain Technology and the Circular Economy: A Systematic Literature Review.	Tecnologia Blockchain e Economia Circular: Uma Revisão Sistemática da Literatura.	Rejeb A.; Zailani S., Rejeb, Abderahman.	2023
Blockchain technology and the circular economy: Implications for sustainability and social responsibility.	Tecnologia Blockchain e economia circular: implicações para a sustentabilidade e responsabilidade social.	Upadhyay A.; Mukhuty S.; Kumar V.; Kazancoglu Y., Upadhyay, Arvind.	2021
Blockchain Technology for Sustainable Waste Management.	Tecnologia Blockchain para Gestão Sustentável de Resíduos.	Taylor P.; Steenmans K.; Steenmans I., Taylor, Phillip.	2020
Blockchain-based recycling and its impact on recycling performance: A network theory perspective.	Reciclagem baseada em blockchain e seu impacto no desempenho da reciclagem: uma perspectiva da teoria da rede.	Gong Y.; Xie S.; Arunachalam D.; Duan J.; Luo J., Gong, Yu.	2022
Circular economy performance measurements and blockchain technology: an examination of relationships.	Medições de desempenho da economia circular e tecnologia blockchain: um exame dos relacionamentos.	Kouhizadeh M.; Zhu Q.; Sarkis J., Kouhizadeh, Mahtab.	2023
Enabling a circular economy in the built environment sector through blockchain technology.	Permitir uma economia circular no setor do ambiente construído através da tecnologia blockchain.	Shojaei A.; Ketabi R.; Razkenari M.; Hakim H.; Wang J., "Shojaei, Alireza.	2021
From trash to cash: How blockchain and multi-sensor-driven artificial intelligence can transform circular economy of plastic waste?	Do lixo ao dinheiro: como o blockchain e a inteligência artificial orientada por múltiplos sensores podem transformar a economia circular dos resíduos plásticos?	Chidepatil A.; Bindra P.; Kulkarni D.; Qazi M.; Kshirsagar M.; Sankaran K., "Chidepatil, Aditya.	2020
Leveraging blockchain concepts as watermarkers of plastics for sustainable waste management in progressing circular economy.	Aproveitando os conceitos de blockchain como marcadores d'água de plásticos para a gestão sustentável de resíduos no progresso da economia circular.	Bhubalan K.; Tamothran A.M.; Kee S.H.; Foong S.Y.; Lam S.S.; Ganeson K.; Vigneswari S.; Amirul A.-A.; Ramakrishna S., Bhubalan, Kesaven.	2022
Modeling enablers for blockchain adoption in the circular economy.	Modelagem de facilitadores para adoção de blockchain na economia circular.	Rejeb A.; Zailani S.; Rejeb K.; Treiblmaier H.; Keogh J.G., Rejeb, Abderahman.	2022
Prioritizing requirements for implementing blockchain technology in construction supply chain based on circular economy: Fuzzy Ordinal Priority Approach.	Priorizando requisitos para implementação da tecnologia blockchain na cadeia de suprimentos de construção com base na economia circular: Abordagem de Prioridade Ordinal Fuzzy.	Sadeghi M.; Mahmoudi A.; Deng X.; Luo X., Sadeghi, M.	2023
Studying the relationship between block chain technology and circular economy dimensions from production aspect and its association with organizational performance: a case study of pakistani firms.	Estudando a relação entre a tecnologia de <i>blockchain</i> e as dimensões da economia circular do aspecto de produção e sua associação com o desempenho organizacional: um estudo de caso de empresas paquistanesas.	Nandi S.; Sarkis J.; Hervani A.A.; Helms M.M., Nandi, Santosh.	2023
The role of blockchain technology in the transition toward the circular economy: Findings from a systematic literature review.	papel da tecnologia blockchain na transição para a economia circular: resultados de uma revisão sistemática da literatura.	Rejeb A.; Appolloni A.; Rejeb K.; Treiblmaier H.; Iranmanesh M.; Keogh J.G., Rejeb, Abderahman.	2023
Tunneling the barriers of blockchain technology in remanufacturing for achieving sustainable development goals: A circular manufacturing perspective.	Atravessando as barreiras da tecnologia blockchain na manufatura para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável: uma perspectiva de fabricação circular.	Govindan K., Govindan, Kannan.	2022