

BLOCKCHAIN NO CONTEXTO DA ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE

uma análise bibliométrica

Glaucio Israel da Silva Oliveira¹
Universidade Federal do Amazonas
glaucioisrael18@gmail.com

Andreia Brasil Santos²
Universidade Federal do Amazonas
brasiland@ufam.edu.br

Frederick Fagundes Alves³
Universidade Federal do Amazonas
frederick@ufam.edu.br

Resumo

O presente artigo explora a aplicação da tecnologia blockchain no contexto da economia circular e sustentabilidade, realizando uma análise bibliométrica das publicações acadêmicas para identificar tendências de pesquisa, principais autores e etc. O estudo utiliza uma análise bibliométrica, com dados coletados da base Scopus e analisados pelo software VOSviewer. Os resultados mostram um aumento significativo de publicações a partir de 2020, revelando um interesse crescente pela integração da blockchain à sustentabilidade. Países como China, Índia e Reino Unido lideraram a produção científica, enquanto a América do Sul ainda está pouco representada. A pesquisa aponta que, embora o campo esteja em expansão, apenas alguns estudos concentram o maior número de citações e impacto. Conclui-se, em adição, que a tecnologia blockchain pode apoiar a rastreabilidade de materiais e a certificação sustentável, mas é necessário ampliar a diversidade geográfica e metodológica das pesquisas acadêmicas.

Palavras-chave: Blockchain; economia circular; sustentabilidade; análise bibliométrica.

¹ Mestrando em Economia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), com graduação em Ciências Econômicas pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Atua como Especialista Econômico, com experiência em análise de Viabilidade Econômica, Econometria Aplicada e desenvolvimento de modelos preditivos para suporte à tomada de decisão.

² Possui Graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Amazonas (1994), com mestrado em Planejamento do Desenvolvimento pela Universidade Federal do Pará (1999) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005). Atualmente, é professora associada do Departamento de Economia e Análise da Universidade Federal do Amazonas e integra o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Economia.

³ Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de São João Del-Rei (2011). Mestre e Doutor em Economia pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é Professor Adjunto no Departamento de Economia e Análise da Universidade Federal do Amazonas e integra o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Economia.



Esta obra está licenciada sob uma licença

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

P2P & INOVAÇÃO, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 1-21, e-7455, jan./jun. 2025

BLOCKCHAIN IN THE CONTEXT OF CIRCULAR ECONOMY AND SUSTAINABILITY

a bibliometric analysis

Abstract

This article explores the application of blockchain technology in the context of the circular economy and sustainability, carrying out a bibliometric analysis of academic publications to identify research trends, main authors, etc. The study uses a bibliometric analysis, with data collected from the Scopus database and analyzed by the VOSviewer software. The results show a significant increase in publications from 2020 onwards, revealing a growing interest in the integration of blockchain and sustainability. Countries such as China, India and the United Kingdom led scientific production, while South America is still poorly represented. The research points out that, although the field is expanding, only a few studies concentrate the greatest number of citations and impact. In addition, it is concluded that blockchain technology can support material traceability and sustainable certification, but it is necessary to expand the geographic and methodological diversity of academic research.

Keywords: Blockchain; circular economy; sustainability; bibliometric analysis.

BLOCKCHAIN EN EL CONTEXTO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR Y LA SOSTENIBILIDAD:

un análisis bibliométrico

Resumen

Este artículo explora la aplicación de la tecnología blockchain en el contexto de la economía circular y la sostenibilidad, realizando un análisis bibliométrico de publicaciones académicas para identificar tendencias de investigación, principales autores, etc. El estudio utiliza un análisis bibliométrico, con datos recogidos de la base de datos Scopus y analizados por el software VOSviewer. Los resultados muestran un aumento significativo de publicaciones a partir de 2020, lo que revela un interés creciente en la integración de blockchain y la sostenibilidad. Países como China, India y Reino Unido lideraron la producción científica, mientras que América del Sur aún está poco representada. La investigación señala que, aunque el campo se está expandiendo, sólo unos pocos estudios concentran el mayor número de citas e impacto. Además, se concluye que la tecnología blockchain puede apoyar la trazabilidad de materiales y la certificación sustentable, pero es necesario ampliar la diversidad geográfica y metodológica de la investigación académica.

Palabras clave: Blockchain; economía circular; sostenibilidad; análisis bibliométrico.

1 INTRODUÇÃO

No século XXI, em que as contradições entre o progresso material e a degradação ambiental se tornam cada vez mais evidentes, é imperativo adotar novas abordagens que conciliem o desenvolvimento econômico com a responsabilidade ecológica. Nesse contexto, a economia circular surge como uma alternativa essencial ao paradigma linear de produção e consumo pois visa redefinir o conceito de desperdício, transformando-o em insumos para novos ciclos produtivos e promovendo um modelo sustentável que harmonize as práticas humanas com os limites naturais do planeta.

Em paralelo, a tecnologia blockchain também tem ganhado atenção crescente em várias áreas, destacando-se como solução inovadora para diversas aplicações. Tradicionalmente associada ao uso em criptomoedas, a blockchain expandiu seu alcance para outras esferas, incluindo a gestão de resíduos e a logística reversa. Blockchain, em termos simples, é um sistema de registro digital descentralizado que permite o armazenamento seguro e imutável de dados em blocos, conectados por meio de criptografia, assim, em consequência, formando uma cadeia. Esses blocos de informações são distribuídos em uma rede de computadores (nós), que verificam e validam cada transação de maneira colaborativa, sem a necessidade de uma autoridade central (Christidis; Devetsikiotis, 2016). Em um sistema blockchain, uma vez que uma informação é registrada, ela não pode ser alterada, garantindo uma trilha auditável e transparente para qualquer transação.

No contexto da economia circular, a blockchain oferece soluções inovadoras para garantir a rastreabilidade de materiais ao longo de seu ciclo de vida, desde sua origem até a reciclagem ou reuso. De acordo com Foroglou e Tsilidou (2015), o uso da blockchain pode aumentar significativamente a eficiência na gestão de inúmeros processos e promover uma maior responsabilidade corporativa e governamental ao fornecer dados transparentes e em tempo real. O conceito de economia circular, que busca fechar os ciclos produtivos e minimizar o desperdício, encontra na blockchain um aliado estratégico, uma vez que a tecnologia pode possibilitar o acompanhamento detalhado de cada estágio do ciclo de vida dos produtos, certificando que materiais descartados sejam reaproveitados, reciclados ou eliminados de maneira adequada.

Apesar desse potencial, é relevante enfatizar que a integração entre blockchain e economia circular ainda se encontra em estágio inicial, com poucas aplicações práticas documentadas. Contudo, uma análise bibliométrica pode contribuir significativamente para mapear o estado da arte nessa interseção tecnológica, identificando tendências de pesquisa,

autores de destaque e lacunas que ainda precisam ser preenchidas. Essa abordagem não apenas oferece um panorama sobre a produção científica na área, mas também fornece insights para pesquisadores e profissionais que buscam explorar o potencial transformador da blockchain.

Assim sendo, este artigo tem como objetivo geral realizar uma análise bibliométrica das publicações acadêmicas que tratam da aplicação da blockchain no contexto da economia circular e da sustentabilidade, buscando identificar, diferentemente de outras contribuições no campo, como Corsini *et al.* (2023), a evolução das publicações no tempo, destacando os principais autores, instituições e tendências gerais nas pesquisas.

Nesse sentido, o artigo está estruturado em cinco seções: a primeira é esta breve introdução ao tema; em seguida, na segunda seção, é apresentada a revisão da literatura relevante; a terceira seção detalha os principais aspectos dos procedimentos metodológicos; e por fim, a quarta seção discute os resultados obtidos, enquanto a quinta traz as considerações finais.

4

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico está organizado com o propósito de fundamentar os conceitos centrais relacionados à economia circular e a sustentabilidade no contexto global, além de explorar as contribuições tecnológicas da blockchain na prática. Nesta seção, serão apresentados os fundamentos teóricos que sustentam a transição do modelo econômico linear para o circular, bem como o contexto tecnológico da blockchain em diferentes cenários.

2.1 ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE

A economia circular é um conceito que busca transformar o tradicional modelo linear de produção, que segue o ciclo extrair, produzir, consumir e descartar, em um sistema mais regenerativo e sustentável. Segundo Geissdoerfer *et al.* (2017), o objetivo principal da economia circular é manter o valor dos produtos, materiais e recursos pelo maior tempo possível dentro da economia, reduzindo assim a pressão sobre o meio ambiente e os recursos naturais. O conceito se baseia em três princípios fundamentais: a redução de resíduos e poluição desde a origem, o prolongamento do ciclo de vida dos produtos e a regeneração de sistemas naturais (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

Diante dos desafios globais como a crise climática e a crescente escassez de recursos, a transição para a economia circular se apresenta como uma solução necessária e até mesmo

urgente. A adoção desse modelo exige uma profunda transformação nos processos produtivos e no comportamento dos consumidores, além da implementação de políticas públicas que incentivem práticas mais sustentáveis. De acordo com Kirchherr *et al.* (2018), uma das maiores barreiras para a implementação da economia circular reside na falta de conhecimento e incentivos econômicos adequados, bem como na resistência de alguns setores industriais. No entanto, quando corretamente implementada, a economia circular tem o potencial de gerar benefícios econômicos substanciais, como o aumento da eficiência no uso de materiais e a criação de novas oportunidades de negócios em setores como a reciclagem e demais estágios de produção indiretos (Lacy; Rutqvist, 2015).

A sustentabilidade, conceito intrinsecamente ligado à economia circular, é definida pelo Relatório Brundtland (WCED, 1987) como a capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. A integração da sustentabilidade nos processos econômicos exige não apenas a mudança nas formas de produção, mas também nas formas de consumo. A economia circular, ao promover a reutilização e reciclagem de materiais, busca criar um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, a proteção ambiental e o bem-estar social. Portanto, a economia circular e a sustentabilidade, quando combinadas, formam a base de um futuro mais resiliente e regenerativo, capaz de mitigar os impactos negativos da ação humana sobre o planeta.

2.2 ACORDOS INTERNACIONAIS E ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE

Desde o início do século XXI, os acordos internacionais têm desempenhado um papel de extrema relevância na promoção da sustentabilidade ambiental e no avanço do conceito da economia circular no mundo todo. Países como a Alemanha, França, Suécia, China e Estados Unidos destacaram-se como protagonistas em cúpulas e tratados climáticos, incluindo o Protocolo de Kyoto (2005) e o Acordo de Paris (2015). A União Europeia, em específico, tem liderado com iniciativas como o European Green Deal, que visa alcançar a neutralidade de carbono até 2050, promovendo um alinhamento direto com os princípios da economia circular (European Commission, 2020).

No entanto, o cumprimento de tais metas estabelecidas nesses acordos variam significativamente entre os países. Estudos apontam que a União Europeia lidera não apenas na assinatura, mas também no alcance das metas climáticas, graças à implementação de políticas robustas e incentivos econômicos que fortalecem a transição para práticas sustentáveis (Schutte, 2009). Enquanto isso, por outro lado, muitos países enfrentam desafios significativos no cumprimento de suas metas. De acordo com Hubacek *et al.* (2024), países

como Austrália, Canadá e Japão foram destacados como os que menos cumpriram os compromissos climáticos assumidos em acordos internacionais, como a COP15 e o Acordo de Paris. Esses países enfrentam barreiras estruturais, como dependência de combustíveis fósseis e falta de investimento em energia renovável. O estudo também apontou que a insuficiência das políticas adotadas por diversas nações contribui para o aquecimento global continuar acima das metas estabelecidas.

Na área de economia circular, o estudo de Ferreira, Moreira e Dias Filho (2022) destaca que China, Reino Unido, Itália, Holanda e Suécia lideram globalmente em iniciativas relacionadas ao tema. A China, pioneira na adoção da economia circular como parte de suas políticas nacionais desde 2009, consolidou uma estrutura regulatória robusta para promover a reutilização de materiais e a redução de desperdícios. Por outro lado, os países europeus, como Holanda e Suécia, destacam-se pela implementação de políticas públicas que incentivam a reciclagem avançada.

Diante dos avanços e desafios destacados, torna-se evidente que os esforços globais em sustentabilidade e economia circular exigem uma integração mais ousada e transformadora. Países líderes, como os da União Europeia, têm demonstrado o impacto positivo de políticas robustas e bem implementadas, enquanto nações com barreiras estruturais ainda carecem de soluções que transcendam os modelos tradicionais. A tecnologia blockchain, nesse cenário, não é apenas uma ferramenta, mas uma revolução potencial para estes desafios. Com a capacidade de rastrear e certificar práticas sustentáveis, criar mercados mais transparentes e impulsionar incentivos econômicos, essa tecnologia pode transformar compromissos climáticos em resultados concretos e evidentes.

2.3 BLOCKCHAIN: VISÃO GERAL

A tecnologia blockchain emergiu como uma ferramenta revolucionária, especialmente em setores que demandam segurança, transparência e descentralização. Originalmente criada para suportar a criptomoeda Bitcoin, descrita por Nakamoto (2008), a blockchain rapidamente se expandiu para uma ampla gama de aplicações, incluindo gerenciamento de cadeias de suprimentos, registro de propriedades digitais e até governança descentralizada (Tapscott; Tapscott, 2016). O principal diferencial da blockchain é seu design descentralizado, onde registros de transações são distribuídos por múltiplos nós, garantindo a integridade e a imutabilidade dos dados sem a necessidade de intermediários. Este aspecto, como destacado

por Swan (2015), reduz significativamente os custos transacionais e a possibilidade de fraudes, criando um ambiente mais seguro e confiável para a realização de operações digitais.

Dentro do contexto da economia circular, a blockchain tem potencial para transformar a forma como materiais são rastreados e gerenciados ao longo de suas cadeias de valor. Diversas iniciativas estão explorando o uso dessa tecnologia para monitorar o ciclo de vida de produtos, garantindo que materiais recicláveis sejam efetivamente reaproveitados e que haja uma maior transparência sobre as práticas de produção e descarte (Corsini; Gusmerotti; Frey, 2023). Por exemplo, projetos de rastreabilidade de resíduos utilizando blockchain permitem o monitoramento contínuo de produtos, desde a fase de fabricação até o descarte final, promovendo a economia circular por meio da otimização do reuso e reciclagem de materiais (Saberiet *al.*, 2018). Essa integração entre blockchain e sustentabilidade proporciona não apenas melhorias ambientais, mas também benefícios econômicos ao eliminar ineficiências e melhorar a alocação de recursos ao longo da cadeia.

Além de facilitar a rastreabilidade, a blockchain tem um papel crucial na promoção de certificações e selos verdes, que atestam a conformidade de práticas sustentáveis nas cadeias de produção. A blockchain garante que essas certificações não possam ser manipuladas, conferindo maior confiabilidade às credenciais sustentáveis de empresas e produtos (Morabito, 2017). Esse recurso é particularmente importante em mercados de nicho, onde consumidores exigem maior transparência e responsabilidade corporativa em relação ao impacto ambiental dos produtos que consomem. Portanto, o uso da blockchain não apenas fortalece a economia circular, mas também contribui para a conscientização e o empoderamento do consumidor.

3 METODOLOGIA

Este estudo adotou a análise bibliométrica, uma abordagem quantitativa que mapeia a produção científica e identifica padrões e tendências de pesquisa. De acordo com Silva *et al.* (2016), esta abordagem desempenha o crucial papel de examinar a atividade científica por meio de uma análise quantitativa das publicações no tempo. Assim sendo, a metodologia foi dividida nas seguintes etapas:

3.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi feita na base de dados Scopus, escolhida por sua amplitude e reconhecimento como uma das mais importantes bases de dados acadêmicos no mundo. A pesquisa foi realizada para o período de 2017 a 2024, abrangendo publicações em múltiplos idiomas (mundo todo). A escolha de 2017 como ponto de partida deve-se à ausência de registros de estudos anteriores, consolidando esse ano como marco inicial de publicações relevantes sobre o tema. Os operadores booleanos e as palavras de busca seguiram a seguinte fórmula: Blockchain OR "Blockchain technology" AND "circular economy" OR "reverse logistics" OR "recycling" OR "sustainability".

Os critérios de inclusão limitaram os resultados apenas artigos científicos, excluindo-se outros tipos de publicações, como capítulos de livros e resumos de conferências. Além disso, foram incluídos apenas artigos que contenham nas palavras-chave (Keywords) os termos mencionados acima, garantindo que o conteúdo seja diretamente relevante ao tema da pesquisa.

O quadro 1, a seguir, resume bem o processo de filtragem.

Quadro 1 - Processo de Filtragem dos Documentos

Etapas/Filtros	Nome	Descrição
1	Definição dos operadores booleanos	Uso dos operadores AND e OR para combinar "blockchain" com diversas palavras-chave e áreas de estudo.
2	Definição dos Termos de Busca com os operadores	Blockchain OR "Blockchain technology" AND "Circular Economy" OR "Reverse Logistics" OR "Recycling" OR "Sustainability".
3	Filtros usados na Busca	I) Ano: 2017 a 2024; II) Tipo de documento: Artigo Científico; III) filtro de pesquisa: Palavras-Chave (Keywords).

Fonte: Os autores.

3.2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica foi conduzida utilizando o software VOSviewer (versão 1.6.20), uma ferramenta avançada para visualização e análise de redes de coautoria, citações e palavras-chave. Este software, que pode ser usado gratuitamente (livre), permitiu a criação de mapas de termos e coautores, facilitando a identificação de padrões e relações dentro da base de dados.

Primeiramente, foram identificados os autores com maior número de publicações e os artigos que receberam mais citações. Além disso, examinou-se a distribuição das publicações

entre os países e instituições que mais contribuíram para o tema, evidenciando as regiões com maior produção científica e a relevância acadêmica dessas entidades.

Adicionalmente, a pesquisa também abrangeu a rede de coautoria, proporcionando uma visão aprofundada das colaborações entre pesquisadores, e identificou as principais palavras-chave, incluindo a análise de suas redes e grupos de estudo. Avaliou-se, ainda, a evolução do número de publicações ao longo dos anos, para mapear o aumento ou redução do interesse na temática. Esse mapeamento, conforme será possível aprofundar na seção de resultados, permitiu compreender as tendências emergentes, revelou possíveis lacunas no conhecimento e forneceu direcionamentos para futuras pesquisas.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados dos dados referentes aos artigos que compõem a amostra da pesquisa realizada. Para facilitar a compreensão, a seção foi organizada em três partes: a primeira focará em apresentar os resultados encontrados após o processo de filtragem, bem como um breve histórico da evolução do tema nas pesquisas; a segunda buscará mostrar uma síntese dos autores, artigos, instituições e países com mais relevância na temática; por fim, a terceira apresentará as redes de coocorrência de palavras-chave, coautoria e cocitação.

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS FILTRADOS E VISÃO GERAL

A tabela 1 descreve o resultado do processo de filtragem dos artigos na base Scopus, conforme ressaltado na seção referente a metodologia.

Tabela 1 - Resultados do Processo de Filtragem dos Documentos

Etapas	Descrição	N.º de Artigos	% de Redução
1	Busca pelo termo "Blockchain" nos títulos, palavras-chave e resumos.	72.207	-
2	Seleção de busca (filtro) de apenas "palavras-chave" (Keywords).	57.708	-20,08%
3	Busca, utilizando operadores booleanos, pelos seguintes termos: Blockchain OR "Blockchain technology" AND "Circular Economy" OR "Reverse Logistics" OR "Recycling" OR "Sustainability".	1.142	-98,02%
4	Tipo de documento selecionado: apenas "artigos"	660	-42,21%

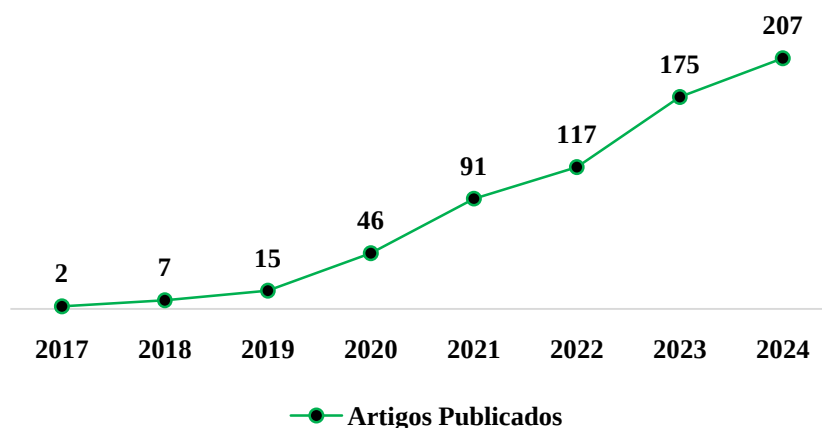
Fonte: Os autores.

Com 72.207 documentos na primeira etapa, a busca pelo termo "Blockchain" em títulos, palavras-chave e resumos, apresentou um volume alto de pesquisas realizadas. Na segunda etapa, filtrando apenas pelas palavras-chave, há uma redução de 20,08% no número de trabalhos disponíveis. Quando os operadores booleanos foram usados para refinar ainda mais a pesquisa, obteve-se uma redução de 98,02% no número de publicações selecionadas. Por fim, ao restringir a busca apenas a artigos científicos, o número final foi reduzido para 660, uma queda adicional de 42,21% referente à etapa 3 do refinamento. Esse processo assegurou que a amostra fosse composta por publicações relevantes ao tema de interesse, visto que os artigos são a principal fonte de informação acadêmica.

Ainda nessa etapa, foi possível averiguar o quanto que a temática pesquisada recebeu particular interesse ao longo do tempo. A Figura 1, mostra um aumento expressivo no número de publicações acadêmicas sobre a aplicação da blockchain no contexto da economia circular e da sustentabilidade. Observa-se que o número de publicações foi bastante baixo até 2019, com apenas 2 artigos em 2017 e 15 em 2019. Em 2020, houve um crescimento significativo, de mais de 200% quando comparado com o ano anterior, com 46 artigos, e daí em diante houveram aumentos contínuos até o pico de 207 publicações em 2024.

10

Figura1 - Número Anual de Publicações Acadêmicas



Fonte: Elaboração Própria, com dados de Scopus, 2024.

Essa tendência crescente a partir de 2020 indica um aumento na relevância do tema, provavelmente impulsionado pela necessidade de soluções tecnológicas inovadoras no campo da sustentabilidade e pela busca de sistemas transparentes para a economia circular. Essa configuração atesta a hipótese de que o campo segue em expansão ano após ano, desde 2017.

4.2 DESTAQUE DE ARTIGOS, AUTORES, INSTITUIÇÕES E PAÍSES NA TEMÁTICA

Estetópico apresenta uma análise dos principais artigos, autores, instituições e países que se destacam na pesquisa. Ao identificar essas contribuições, é possível mapear as tendências mais influentes e os principais pesquisadores.

A tabela 2 reúne os 10 (Dez) artigos mais citados na abordagem da pesquisa, destacando a porcentagem relativa de cada artigo em relação ao total.

Tabela 2 - Artigos mais citados na temática

Posição	Título dos Artigos	Nº de citação	% Relativa	Ano	Autores
1	Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management	2.270	9%	2019	Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L.
2	Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers	770	3%	2021	Kouhizadeh, M., Saberi, S., Sarkis, J.
3	Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain	653	3%	2020	Kamble, S., Gunasekaran, A., Sharma, R.
4	Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0	564	2%	2020	Esmaeilian, B., Sarkis, J., Lewis, K.
5	Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains	460	2%	2018	Kouhizadeh, M., Sarkis, J.
6	A supply chain transparency and sustainability technology appraisal model for blockchain technology	445	2%	2020	Bai, C., Sarkis, J.
7	Blockchain technology and the circular economy: Implications for sustainability and social responsibility	402	2%	2021	Upadhyay, A., Mukhuty, S., Kumar, V.
8	Blockchain technology for bridging trust, traceability and transparency in circular supply chain	380	2%	2022	Centobelli, P., Cerchione, R.
9	Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice	343	1%	2020	Kouhizadeh, M., Zhu, Q., Sarkis, J.
10	System architecture for blockchain based transparency of supply chain social sustainability	307	1%	2020	Venkatesh, V.G., Kang, K., Wang, B.
--	Restante dos artigos filtrados na pesquisa	18.125	73%	--	--
Total		24.719	100%	--	--

Fonte: Elaboração Própria, com dados de Scopus, 2024

O artigo mais citado é o "Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management" com 2.270 citações, representando 9% do total, seguido por "Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers" com 770 citações. Ao todo, os 10 (Dez) primeiros artigos (cerca de 1,5% da amostra) concentram 27% do número de citações (totalizando 6.594), que no total foi de 24.719 para todos os 660 artigos. Esse dado revela uma perceptível concentração, possivelmente refletindo o caráter emergente do tema, com poucos estudos de grande impacto dominando a discussão acadêmica.

A tabela 3 destaca os autores com mais publicações no campo pesquisado. No total, foram identificados 160 autores na amostra, e a ilustração mostra os 10 (dez) com mais publicações.

Tabela 3 - Distribuição dos autores com mais publicações

Posição	Autor	Artigos Publicados	% Relativa	% Acumulado
1	Sarkis, J.	18	3%	3%
2	Kouhizadeh, M.	7	1%	4%
3	Kumar, A.	6	1%	5%
4	Bai, C.	5	1%	5%
5	Li, Z.	5	1%	6%
6	Rejeb, A.	5	1%	7%
7	Hu, J.	4	1%	8%
8	Jiang, Z.	4	1%	8%
9	Kamble, S.S.	4	1%	9%
10	Kazancoglu, Y.	4	1%	9%
--	Restante dos autores	598	91%	100%
Total		660	100%	--

Fonte: Os autores.

O autor mais produtivo é o Sarkis, J., com 18 artigos publicados, representando 3% do total. Kouhizadeh, M. ocupa a segunda posição com 7 artigos, seguido por Kumar, A., com 6. Os dez autores mais prolíficos contribuem com apenas 9% do total de artigos publicados, mostrando uma significativa disparidade com o resultado apresentado na tabela 2, indicando que, embora a autoria seja amplamente distribuída, o impacto acadêmico está fortemente concentrado em poucos trabalhos.

Ainda nesse sentido, a tabela 4, sobre as publicações por instituição, mostra uma grande dispersão na autoria dos artigos, similar à distribuição observada nos autores (tabela 3). As 10 (dez) instituições mais produtivas contribuem com apenas 16% dos artigos

publicados, com a Worcester Polytechnic Institute liderando com 19 artigos (3% do total). Em contraste, as outras instituições são responsáveis por 84% dos artigos. Isso demonstra que, assim como na análise dos autores, a produção acadêmica no campo é bastante distribuída, sem uma concentração significativa em poucas instituições, o que reflete um campo de estudo diversificado.

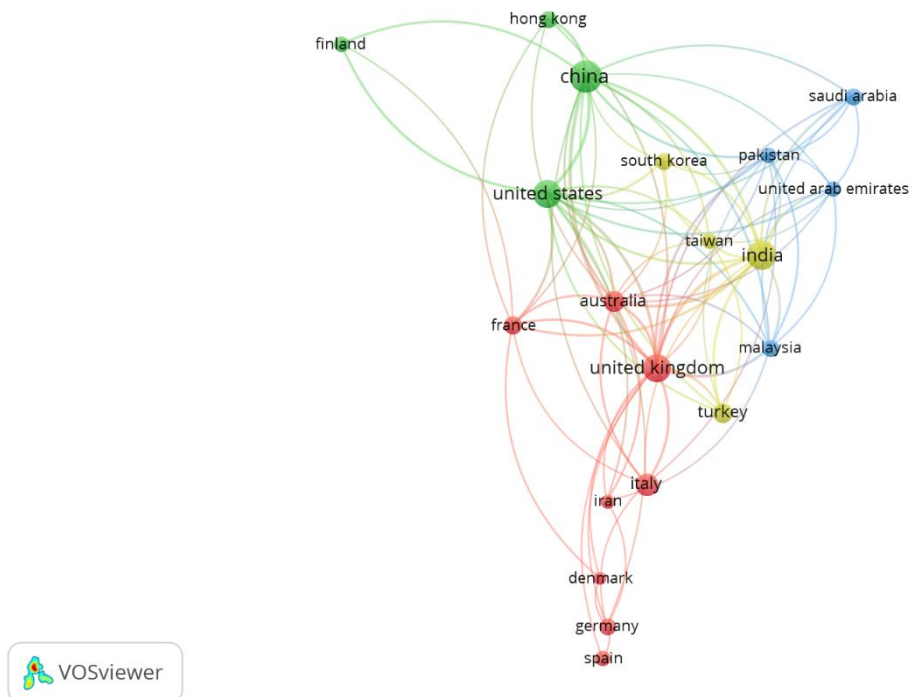
Tabela 4 - Distribuição das instituições que mais publicaram

Posição	Instituição	Artigos Publicados	% Relativa	% Acumulado
1	Worcester Polytechnic Institute	19	3%	3%
2	The Hong Kong Polytechnic University	12	2%	5%
3	The Business School	11	2%	6%
4	Hanken - Svenska handelshögskolan	10	2%	8%
5	SRM Institute of Science and Technology	10	2%	9%
6	The University of Hong Kong	9	1%	11%
7	Ministry of Education of the People's Republic of China	8	1%	12%
8	University of Electronic Science and Technology of China	8	1%	13%
9	South China University of Technology	8	1%	14%
10	University of Southampton	8	1%	16%
--	Outras Instituições	557	84%	100%
Total		660	100%	--

Fonte: Os autores.

A Figura 2 (representando o mapa de rede de coautoria entre países), reúne os 20 países com mais publicações sobre o tema, destacando a associação entre as principais nações ativas na pesquisa.

Figura 2 - Mapa de associação entre os 20 países com mais publicação



Fonte: Os autores.

Países como China (136 Artigos), Índia (112) e Reino Unido (102) aparecem como os principais contribuintes, com colaborações intensas com o mundo todo. A Europa, representada por países como Itália (59), França (33) e Alemanha (28), também mostra um papel significativo nas redes de pesquisa. Além disso, observa-se uma ampla colaboração entre países da Ásia, como Coreia do Sul (27) e Malásia (26), reforçando o caráter global desse campo de estudo. Isso reflete o crescente interesse internacional pelo tema e o impacto da cooperação entre diferentes regiões. No entanto, entre os 20 países que mais publicam, não há nenhum representante da América do Sul, o que possivelmente reflete um baixo engajamento com a temática. Essa ausência destaca uma lacuna significativa na pesquisa regional, sugerindo um espaço a ser ocupado pelos pesquisadores da região, bem como a necessidade de maior atenção a essa área emergente.

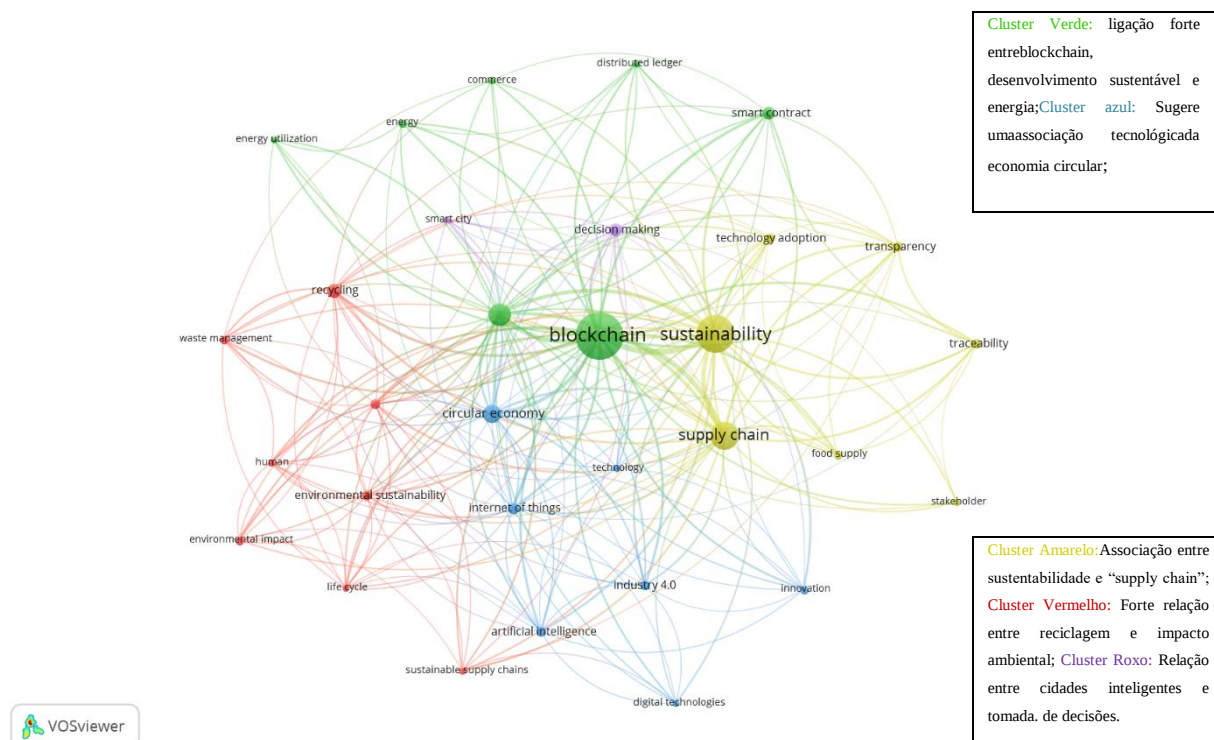
4.3 REDES DE COOCORRÊNCIA DE PALAVRAS-CHAVE, COAUTORIA E COCITAÇÃO DE AUTORES

Esta seção analisa as redes de coocorrência de palavras-chave, coautoria de autores e cocitação. Através dessas redes, será possível identificar padrões de colaboração entre autores, tópicos de maior relevância e influências bibliográficas no campo.

A primeira rede elaborada (Figura3), mostra a coocorrência das 30 palavras-chave com mais destaque na amostra de estudo, evidenciando que termos como “blockchain”, “sustainability” e “supplychain” são os mais centrais, refletindo o foco principal das pesquisas. Além disso, conceitos como “circular economy”, “traceability” e “smartcontract” também se destacam, sugerindo a importância dessas tecnologias para a economia circular e a gestão das cadeias de suprimento.

A rede de coocorrência revela ainda quatro clusters com mais destaque: o cluster verde, que ressalta a ligação forte entre blockchain e desenvolvimento sustentável; o amarelo, que possui a sustentabilidade e a “supplychain” como palavras centrais do cluster; o azul, que sugere uma abordagem tecnológica da economia circular, e o vermelho, que revela uma forte relação entre reciclagem e impacto ambiental. É importante destacar, ainda, que a palavra blockchain possui forte ligação com praticamente todos os clusters, o que é bastante positivo para a pesquisa.

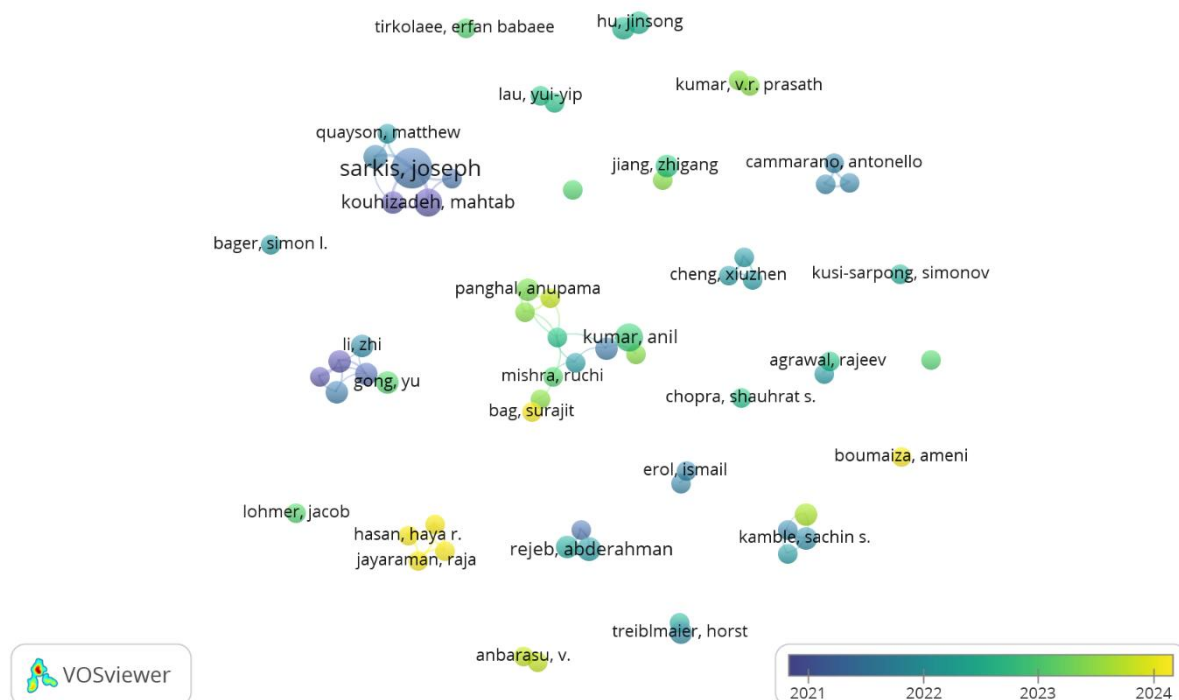
Figura 3 - Rede de Coocorrência de palavras



Fonte: Os autores

Seguindo adiante, na figura 4, temos a segunda rede produzida (coautoria). A escala de tempo das colaborações também é mostrada. Sarkis, J., novamente se destaca como o pesquisador com mais colaborações ao longo do tempo, enquanto outros autores, como Anil Kumar e Raja Jayaraman, aparecem com colaborações mais recentes, indicando um crescimento contínuo nas pesquisas. A variação de cores no mapa mostra que as colaborações acadêmicas vêm se intensificando especialmente a partir de 2021, sugerindo um aumento no interesse pela aplicação da blockchain em áreas como sustentabilidade e economia circular. Em comparação com os dados anteriores sobre autores e países, o mapa de coautoria visualiza claramente como novas conexões estão se formando ao longo do tempo, refletindo a natureza evolutiva e expansiva do campo. Isso reforça o caráter dinâmico das pesquisas e a contínua integração de novos pesquisadores e ideias.

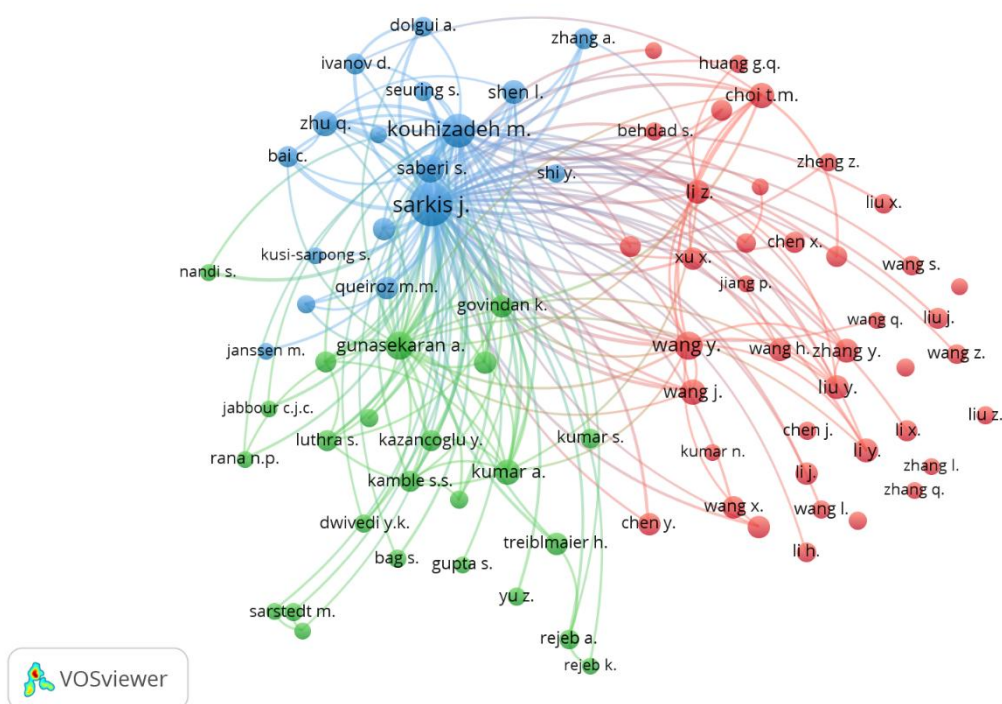
Figura 4 - Rede de Coautoria de autores



Fonte: Os autores

Por fim, conforme figura 5, a rede elaborada, ilustra a cocitação de autores, revelando como as obras de diferentes pesquisadores são referenciadas conjuntamente na literatura. Aqui, autores como Sarkis, J.e Wang, Y. aparecem com grande destaque, indicando sua relevância central nas discussões acadêmicas. Comparado ao mapa de países e a tabela sobre as instituições discutidos anteriormente, fica evidente que o impacto e a influência acadêmica estão concentrados em alguns polos, mas com ramificações colaborativas,de certa forma,extensas.

Figura 5 - Rede de Cocitação



Fonte: Os autores

Isto posto, as análises evidenciaram que as produções científicas sobre o tema, atualmente, estão concentradas em poucos autores e em alguns termos, refletindo alguns focos temáticos e concentração de impacto. Apesar do avanço nas colaborações globais, os resultados apontam para a necessidade de diversificação para fortalecer o desenvolvimento do campo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados no estudo, indicam que houve um substancial crescimento na pesquisa sobre a aplicação e estudos da blockchain nos campos da economia circular e sustentabilidade, especialmente após o ano 2020. O uso dessa tecnologia tem se mostrado promissor para a rastreabilidade de materiais e a gestão de recursos, indicando uma tendência de expansão contínua na área.

Diferentemente de outros estudos no mesmo tema, como o de Corsini *et al.* (2023), este trabalho focou na evolução temporal das pesquisas científicas e evidenciou quantitativamente as assimetrias regionais e de impacto acadêmico no campo.

A análise bibliométrica realizada destacou os principais autores, artigos e instituições, com pesquisadores como J. Sarkis liderando, em termos de produtividade e impacto, e países como China, Índia, Reino Unido e os Países da União Europeia emergindo como os principais contribuintes científicos sobre o tema. Essa concentração “regional” também reflete a participação ativa desses países em acordos climáticos globais, como o Acordo de Paris e o Protocolo de Kyoto, que impulsionaram a adoção de soluções sustentáveis em suas economias.

Apesar desses avanços, a pesquisa identificou algumas lacunas importantes. A América do Sul, por exemplo, permanece ausente entre os países mais ativos, indicando um baixo engajamento dos pesquisadores da região com o tema. Além disso, há uma concentração de citações em um número relativamente pequeno de artigos, revelando que, embora o campo esteja crescendo, alguns estudos têm dominado a discussão acadêmica. Isso aponta para a necessidade de diversificação e de novos estudos que avaliem diferentes perspectivas dessa interseção tecnológica.

Em termos de tendência, a pesquisa sugere que o tema deve continuar a crescer nos próximos anos, à medida que mais países e instituições se envolvem e novas colaborações se formam. O aumento recente de publicações e colaborações indica um campo dinâmico, com oportunidades para avanços significativos na aplicação da blockchain em soluções sustentáveis. No entanto, mais esforços são necessários para expandir o impacto da pesquisa, tanto geograficamente quanto em termos de diversidade de abordagens.

Diante disso, é oportuno frisar, ainda, que uma limitação deste estudo reside na exclusividade da abordagem bibliométrica, que, embora eficaz para identificar tendências, não contempla a análise crítica dos desafios inerentes à implementação prática da tecnologia blockchain. Portanto, pesquisas futuras podem explorar estudos de caso e análises aprofundadas, bem como o desenvolvimento de modelos aplicados que mensurem a eficácia e os entraves dessa emergente tecnologia no contexto da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

CHRISTIDIS, Konstantinos; DEVETSIKIOTIS, Michael. Blockchains and smart contracts for the internet of things. **IEEE Access**, v. 4, p. 2292-2303, 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7467408>. Acesso em: 14 set. 2024.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/nosso-futuro-comum-relatorio/>. Acesso em: 14 set. 2024.

CORSINI, Filippo; GUSMEROTTI, Natalia Marzia; FREY, Marco. Fostering the circular economy with blockchain technology: insights from a bibliometric approach. **Circular Economy and Sustainability**, v. 3, p. 1819–1839, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43615-023-00250-9>. Acesso em: 12 set. 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the circular economy: an economic and business rationale for an accelerated transition. **Portal Ellen MacArthur Foundation**, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-volume-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>. Acesso em: 14 set. 2024.

EUROPEAN COMMISSION. **A European Green Deal**: Striving to be the first climate-neutral continent. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://ec.europa.eu/stories/european-green-deal>. Acesso em: 29 dez. 2024.

FERREIRA, A. S.; MOREIRA, N. B.; DIAS FILHO, J. M. Explorando a economia circular: perspectivas internacionais em foco. **Revista de Contabilidade da UFBA**, v. 16, p. 1-16, e2134, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.9771/rcufba.v16i1.54528>. Acesso em: 29 dez. 2024.

FOROGLIOU, Georgios; TSILIDOU, Anna-Lali. Further applications of the blockchain. In: Student Conference on Managerial Science and Technology, 12, 2015, Athens. **Proceedings [...]**. Athens: University of Macedonia, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276304843_Further_applications_of_the_blockchain. Acesso em: 14 set. 2024.

GEISSDOERFER, Martin; SAVAGET, Paulo; BOCKEN, Nancy M.P.; HULTINK, Erik Jan. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>. Acesso em: 12 set. 2024.

HUBACEK, K.; GUAN, D.; BARRETT, J.; BAI, Y.; SHI, L. Revisiting Copenhagen climate mitigation targets. **Nature Climate Change**, v. 14, p. 1234-1245, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-024-01977-5>. Acesso em: 29 dez. 2024.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 127, p. 221-232, 2018. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3037579. Acesso em: 13 set. 2024.

KOUHIZADEH, Mahtab; SABERI, Sara; SARKIS, Joseph. Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. **International Journal of Production Economics**, v. 231, 2021.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527320302012>.

Acesso em: 5 jan. 2025.

LACY, Peter; RUTQVIST, Jakob. **Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage**.

London: PalgraveMacmillan, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/9781137530707>.

Acesso em: 14 set. 2024.

MORABITO, Vincenzo. **Business innovation through blockchain: the B³ perspective**.

Cham: Springer International Publishing, 2017. Disponível em:

<https://link.springer.com/9783319484778>. Acesso em: 13 set. 2024.

NAKAMOTO, Satoshi. **Bitcoin**: um sistema de dinheiro eletrônico peer-to-peer. 2008.

Disponível em: https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_pt_br.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

SABERI, S.; KOUHIZADEH, M.; SARKIS, J.; SHEN, L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 7, p. 2117-2135, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>. Acesso em: 12 set. 2024.

SCHUTTE, Giorgio Romano. Segurança energética e mudanças climáticas na União Europeia. **Contexto Internacional**, v. 31, n. 2, p. 289-327, 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cint/a/Rv3yCkNTnNjtvmy6VfLcF8k/>. Acesso em: 29 dez. 2024.

SILVA, Filipe Quevedo; SANTOS, Eduardo Biagi Almeida; BRANDÃO, Marcelo Moll; VILS, Leonardo. Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. **Revista Brasileira de Marketing – ReMark**, v. 15, n. 2, p. 246-260, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.5585/remark.v15i2.3274>. Acesso em: 14 set. 2024.

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

<https://www.oreilly.com/library/view/blockchain/9781491920480/>. Acesso em: 13 set. 2024.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. **Blockchain revolution**: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. New York: Portfolio, Penguin Random House, 2016. Disponível em: https://itig-iraq.iq/wp-content/uploads/2019/05/Blockchain_Revolution.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

content/uploads/2019/05/Blockchain_Revolution.pdf.

Acesso em: 14 set. 2024.

TREIBLMAIER, Horst. Combining blockchain technology and the physical internet to achieve triple bottom line sustainability: a comprehensive research agenda for modern logistics and supply chain management. **Logistics**, v. 3, n. 1, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.3390/logistics3010010>. Acesso em: 14 set. 2024.

YILDIZBASI, Abdullah. Blockchain and renewable energy: Integration challenges in circular economy era. **Renewable Energy**, v. 176, p. 183-197, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.053>. Acesso em: 14 set. 2024.