



ARTIGOS

CIRCULAR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
NO CONTEXTO DO E-WASTE: UMA REVISÃO
BIBLIOMÉTRICACIRCULAR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN
THE CONTEXT OF E-WASTE: A BIBLIOMETRIC
REVIEW

RESUMO

Até 2030, o mundo atingirá a marca de 74 milhões de toneladas métricas de resíduos eletrônicos gerados anualmente. Contudo, os problemas gerados pelas atividades econômicas podem ser mitigados pelo desenvolvimento da gestão da cadeia de suprimentos circular (*Circular Supply Chain Management*) do resíduo eletrônico. Apesar da relevância do tema, não foi encontrado um manuscrito vinculado ao contexto da área de operações e produção. Assim, por meio da base de dados *Web of Science*, realizou-se uma revisão bibliométrica de 34 artigos, seguida de uma apreciação no *VosViewer* dos relacionamentos dos autores, publicações, países, periódicos e palavras-chave, seguida de uma análise de conteúdo dos principais artigos. Por fim, oferece um modelo teórico das etapas da área de operações em face da cadeia de suprimentos circular. Nesse contexto, as questões normativas são preponderantes sobre as ações realizadas pelas organizações para a cadeia de suprimentos circular, assim como as oportunidades advindas com as tecnologias emergentes.

Palavras-chave: gestão da cadeia de suprimentos circular; resíduo eletrônico; impactos socioambientais; *Web of Science*; revisão bibliométrica.

**Leonardo Caixeta de Castro
Maia**

leonardocaixeta@hotmail.com

Doutor em Administração de empresas pela Fundação Getúlio Vargas (FGV/SP - EAESP). Mestre em Administração pela Universidade Federal de Uberlândia. Professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Uberlândia - MG - BR.

Tiago Moraes Mariano
tiagomoraesmariano@gmail.com

Mestre em Finanças pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). MBA em Finanças Corporativas pela Saint Paul. Graduação em Administração de Empresas pela UFU. Professor na Universidade de Uberaba (UNIUBE). Uberaba - MG - BR.

ABSTRACT

By 2030, the world will reach the milestone of 74 million metric tons of electronic waste generated annually. However, the problems generated by economic activities can be mitigated by developing circular supply chain management for electronic waste. Despite the relevance of the topic, no manuscript linked to the context of the operations and production area was found. Thus, through the

Web of Science database, a bibliometric review of 34 articles was carried out, followed by an assessment in VOSviewer of the relationships of authors, publications, countries, journals, and keywords, followed by a content analysis of the main articles. Finally, it offers a theoretical model of the steps of the operations area concerning the circular supply chain. In this context, normative issues prevail over the actions taken by organizations for the circular supply chain, as well as the opportunities arising from emerging technologies.

Keywords: circular supply chain management; e-waste; socio-environmental impacts; Web of Science; bibliometric review.

1 INTRODUÇÃO

Há uma série de discussões a respeito de sustentabilidade na academia; entre elas, sob a perspectiva do *Supply Chain Management* (SCM) (Morali; Searcy, 2013; Seuring; Müller, 2008). O assunto se faz relevante, especialmente, por evidências de que o nível atual de produção, consumo e comércio são insustentáveis já há alguns anos (Jabbour *et al.*, 2019; Preston, 2012).

Os principais motivos desse crescimento são o avanço nas tecnologias relacionadas à comunicação e à informação, a quantidade de tipos de dispositivos eletrônicos utilizados no dia a dia, a velocidade de novas invenções, o crescimento populacional, o movimento de urbanização e a tendência de maior acessibilidade a dispositivos eletrônicos (Gilal *et al.*, 2022).

No mesmo sentido, o tema resíduo eletrônico (em inglês, *e-waste*) ou também conhecido pela sigla WEEE (*Waste of Electrical and Electronic Equipment*) tem crescido exponencialmente por causa dos avanços tecnológicos (Fan *et al.*, 2022; Wang; Guo; Wang, 2016) e já é considerado o tipo de resíduo que mais cresce no mundo (Gilal *et al.*, 2019). Alguns exemplos de *e-waste* são

geladeiras e *freezers*, televisões, micro-ondas, máquinas de lavar, computadores, impressoras e celulares (Amankwah-Amoah, 2016; Xavier *et al.*, 2021).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas-ONU sobre *e-waste*, foram gerados 53,6 milhões de toneladas métricas somente em 2019, e, até 2030, atingirá 74 milhões de toneladas métricas anuais (Skelton, 2021). Ou seja, caso este padrão seja mantido, há a possibilidade de que vários recursos naturais sejam esgotados (Hazen; Mollenkopf; Wang, 2017).

Nesse contexto, na Europa, por questões normativas, estabeleceu-se o programa WEEE que designa programas para o planejamento, a coleta e a retirada de material eletrônico em fim de vida útil da sociedade (Andersen, 2022). Ademais, esse programa avalia a segurança e a responsabilidade de coleta, da reciclagem, da recuperação e, caso for, do designio correto ou de produtos obsoletos ou no fim da vida útil de todos os tipos de resíduo eletrônico (Bressanelli *et al.*, 2020).

No Brasil, existe uma legislação acerca do assunto retratada pela Lei 12.305 (Brasil, 2010). Contudo, observam-se baixa efetividade das ações evidenciada pelos estudos acadêmicos (Rocha; Barra Neto; Oliveira, 2024; Sampaio; Oliveira; Oliveira, 2024), baixo índice de reciclagem apresentados pelos dados estatísticos de entidades relacionadas ao tema (SINIR, 2021) e desinformação acerca do tema (Fontoura *et al.*, 2024).

Para evidenciar que, ainda, o tema carece de estudos sobre os canais de distribuição reversos e o desenvolvimento de uma *Circular Supply Chain Management* (CSCM), uma pesquisa mostrou que, aproximadamente, 75% dos produtos desatualizados são mantidos em casa pelos consumidores em vez de serem devolvidos aos fabricantes. Evidencia-se, dessa forma, o quanto uma CSCM bem desenvolvida faz falta (Gilal *et al.*, 2019).

Ademais, não é só isso, como, em alguns casos, é descartado de maneira errada. Isso se traduz em um risco enorme para a saúde pública, visto que o resíduo eletrônico contém compostos perigosos, tais como metais pesados

que são danosos à saúde e ao meio ambiente (Bovea *et al.*, 2018).

De tal modo, o tema se mostra relevante para toda a humanidade e pode ter seus impactos significativamente reduzidos ao ter uma *Circular Supply Chain Management* (CSCM) desenvolvida na gestão da cadeia de suprimentos visto que a CSCM busca desperdícios mínimos (Farooque *et al.*, 2019).

Outro ponto que ressalta a importância do estudo é o fato de que há evidências que indicam que a gestão da cadeia de suprimentos sustentáveis resulta em aumento do desempenho da empresa (Golicic; Smith, 2013; Yawar; Seuring, 2017). Além disso, há propostas de integração entre as tecnologias emergentes da indústria 4.0 que permitem modelos de tomada de decisão em tempo real (Jabbour *et al.*, 2022; Rajput; Singh, 2019) e de utilização da economia circular (EC) como mecanismo de integração, visando ao envolvimento de agentes periféricos à cadeia de suprimentos, como catadores e recicladores (Nascimento *et al.*, 2019).

Destaca-se que a CSCM do resíduo eletrônico pode promover a redução de demanda de matéria-prima, a redução de consumo de recursos básicos, a criação de novos empregos, assim como a redução dos impactos negativos da exploração e do processamento de recursos naturais (Fontoura *et al.*, 2024).

Nesse interim, a relevância do tema, avaliando-se na perspectiva de cadeia de suprimentos, também está relacionada aos impactos do setor de mineração perante a sociedade brasileira, na perspectiva da sustentabilidade econômica, ambiental e social (Xavier *et al.*, 2021). Ademais, conforme destacado por Bressanelli, Perona e Saccani (2019), o desempenho da EC possui variações conforme o setor industrial, contexto, geografia, entre outros critérios.

Portanto, este artigo se propõe a avaliar a produção científica publicada entre 2017 e 2021 a respeito da aplicação da CSCM na gestão da cadeia de suprimentos e *e-waste*. Este estudo aborda os seguintes problemas de pesquisa:

- a) “quais são os artigos, autores, *journals* e palavras-chave mais relevantes?”;
- b) “quais são as relações entre os artigos?”;
- c) “quais são as relações entre os autores?”;
- d) “quais são as relações entre as palavras-chave?”.

Como contribuição, esta revisão bibliométrica irá realizar recomendações para compreender lacunas de pesquisa, palavras-chave, instituições, autores e artigos mais relevantes e apresenta um modelo teórico que retrate as etapas para implementação da cadeia de suprimentos circular.

Adicionalmente, este trabalho é diferente dos anteriores, tais como, Farooque *et al.* (2019) e Nascimento *et al.* (2019) que avaliavam os conceitos relacionados ao tema e também Centobelli *et al.* (2020) que asseveravam sobre modelos de negócios relacionados ao negócio circular.

Respondendo aos questionamentos de Durach, Kembro e Wieland (2017), o trabalho detalhará o mapeamento da rede de interface entre autores, publicações dos países, periódicos e palavras-chave, por meio de uma pesquisa *mapping* que analisa as relações entre as publicações de forma quantitativa e, por fim, evidenciará as etapas para as organizações em realizar a transição do modelo linear para o circular.

Dessa forma, por meio da análise espacial, é possível encontrar e classificar os trabalhos que são análogos e os que não são. Assim como, expor quais são os autores alinhados a determinados viés acadêmico (Zupic; Carter, 2015).

O manuscrito está dividido da seguinte forma: após a introdução, o artigo está disposto com uma breve revisão da literatura. Posteriormente, expõe-se o método de pesquisa contendo, inclusive, o protocolo utilizado na revisão bibliométrica. A seguir, na quarta sessão, os resultados do levantamento de dados, assim como a apresentação do mapeamento ou da rede de interfaces dos autores, as publicações, dos países, os periódicos e as palavras-chave. No

quinto tópico, expõe-se uma breve discussão sobre os artigos mais citados, buscando expor as principais contribuições de cada manuscrito. A seguir, tem-se a apresentação do modelo teórico que busca apresentar estágios de evolução da área de operações. Por último, as considerações finais, limitações e propostas para novos estudos.

2 REFERENCIAL DA LITERATURA

A sustentabilidade pode ser descrita como a conexão entre o desenvolvimento econômico, o meio ambiente e o papel social das organizações e o que vai ao encontro da definição da *World Commission on Environment and Development* (WCED) – *Our Common Future* (Elkington, 1998).

Nesse sentido, assevera-se que desenvolvimento sustentável é o “desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (WCED, 1987).

Por isso, há um crescente interesse por parte dos estudiosos para compreender as questões que tratam a respeito da cadeia de suprimentos sustentável, e como isso afeta a sociedade de diferentes formas (Batista *et al.*, 2018; Hutchins; Sutherland, 2008).

Nesse sentido, a partir da abordagem de *Triple Bottom Line* (TBL) (Elkington, 1998), a sustentabilidade pode ser compreendida por meio das dimensões econômica, social e ambiental. Essa forma de enxergar facilita o entendimento do conceito de *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM), já que, para atingir uma cadeia de suprimentos sustentável, os três pilares do TBL devem ser almejados (Batista *et al.*, 2018).

O caso da cadeia de suprimentos circular do resíduo eletrônico (*e-waste*) tende a estar mais ligado diretamente com as dimensões ambientais e econômicas, apesar de poder ter implicações sociais também (Centobelli *et al.*, 2020). Dessa forma, para atingir a sustentabilidade da cadeia de suprimentos, devem -se envolver todos os *stakeholders*, buscando mecanismos de

alavancar estratégias para a redução das perdas e desperdícios (Govindan, 2018).

Dessa maneira, o conceito de *Circular Supply Chain Management* (CSCM) integra a filosofia da economia circular (EC) no gerenciamento da cadeia de suprimentos (Batista *et al.*, 2018). Inicialmente, compreende-se a EC como o sistema industrial que é restaurador e regenerativo, que visa manter produtos, componentes e materiais em suas maiores utilidades e valores o tempo todo tanto em relação ao ciclo biológico quanto técnico (Centobelli *et al.*, 2020; Farooque *et al.*, 2019).

A partir disso, surge a definição de *Circular Supply Chain Management* (CSCM), que é um sistema que restaura, sistematicamente, materiais técnicos e regenera materiais biológicos em busca do desperdício zero, envolvendo todo o sistema da cadeia de suprimentos, desde o *design* do produto/serviço até o fim da vida útil e gerenciamento de resíduos, envolvendo todos os *stakeholders* (Centobelli *et al.*, 2020; Farooque *et al.*, 2019).

De tal modo, a gestão da cadeia de suprimentos circular investiga a criação de valor a partir de produtos/serviços, subprodutos e resíduos úteis, estabelecendo ciclos de vida prolongados que proporcionem a sustentabilidade econômica, social e ambiental de organizações (Batista *et al.*, 2018; Centobelli *et al.*, 2020).

Nesse contexto, estudos empíricos demonstram que esses ecossistemas são mais complexos do que os sistemas tradicionais de cadeias lineares de valor, pois incluem atores e processos adicionais que implementam fluxos circulares de materiais (Batista *et al.*, 2018).

Por fim, a literatura evidencia o papel do estado como:

- a) norteador de políticas públicas para eliminar barreiras e suportar a implementação de ações junto ao mercado e à sociedade de economia circular;
- b) desenvolvedor e promovedor da colaboração entre as organizações

- além das operações tradicionais da empresa focal;
- c) apoiador de novas tecnologias disruptivas e baseadas em longevidade, reutilização, reparo, servitização e compartilhamento para promover as CSCM (Centobelli *et al.*, 2020; Streit; Guarnieri; Batista, 2020).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O levantamento bibliométrico oferece uma maneira quantitativa de lidar com o aumento da literatura sobre determinado assunto (Mukherjee *et al.*, 2022; Soares; Picolli; Casagrande, 2018). Além disso, algumas ferramentas do método bibliométrico, como o mapeamento científico, concentram-se na avaliação dos padrões dos estudos já realizados (Zupic; Cater, 2015).

Nesse intuito, para realizar a revisão bibliométrica, realizou-se roteiro de pesquisa, buscando a possibilidade de replicação (Tranfield; Denyer; Smart, 2003). Para tanto, os autores preconizam os seguintes estágios: primeiramente, o planejamento da revisão, em seguida, a execução, e, por fim, as evidências e as recomendações para futuros estudos. Ademais, busca elencar as contribuições acadêmicas (possibilidade de realização de futuros estudos) e empíricas (Mukherjee *et al.*, 2022).

Nesse interim, tratando-se de uma avaliação da cadeia de suprimentos circular, especificamente sobre os resíduos eletrônicos,

evidenciam-se as características que irão evidenciar esse trabalho como idiossincrático e com possibilidade de replicação (Durach; Kembro; Wieland, 2017).

Portanto, para as contribuições acadêmicas, revela-se, primeiramente, analisar as redes quanto aos critérios de citação de autores, obras, instituições e palavras-chave, por meio do VosViewer para evidenciar os parâmetros de influência; expor as redes, compreender os padrões de intercâmbio de pesquisa (pesquisadores e instituições de pesquisa), reconhecer as lacunas e propor direções de pesquisas futuras (Mukherjee *et al.*, 2022; Zupic; Čater, 2015). Por fim, no modelo teórico, reconhecer os níveis de maturidade dos processos logísticos de acordo com as atividades já realizadas ou em andamento.

Por contribuições práticas, entende-se a avaliação das experiências sobre a implantação de boas práticas da economia circular por meio da relação custo-benefício, reportando-se aos indicadores de produtividade, eficiência e custos de implantação. Assim, no próximo tópico, tem-se a primeira fase: o planejamento da revisão bibliométrica.

4 1ª FASE: PLANEJAMENTO DE PESQUISA

Para a identificação dos principais artigos, utilizou-se a base de dados *Web Of Science* (WoS), realizada durante o segundo semestre de 2022 e com maiores informações expostas no quadro 1.

Quadro 1 – Protocolo de pesquisa

Questionamento?	Descrição das variáveis
Problema de pesquisa (<i>what?</i>)	Sobre a gestão da cadeia de suprimentos e resíduo eletrônico, questiona-se:
	- Quais são os artigos, autores, <i>journals</i> e palavras-chave mais relevantes?
	- Quais as relações entre os artigos?
	- Quais as relações entre os autores?
	- Quais as relações entre as palavras-chave?
Link de pesquisa	https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/9dbff5c3-4270-4da5-86db-77dd2c50eb1f-5cd8acd1/relevance/1 .
Palavras-chave pesquisadas	<i>Supply Chain Management</i>
	<i>E-Waste</i>
	<i>Circular Supply Chain Management</i>

Operador booleano	<i>And</i>
Categorias da <i>Web Of Science</i>	<i>Environmental Sciences; Engineering Environmental; Green Sustainable Science Technology; Environmental Studies; Management; Operations Research Management Science; Business</i>
Idioma	Inglês
Tipos de Documento	<i>Article; Review Article</i>
Anos de publicação	01/01/2017 a 31/12/2021
Quantidade de artigos	34

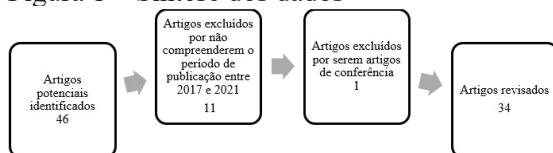
Fonte: elaboração própria.

Conforme demonstrado no quadro 1, selecionaram-se apenas artigos acadêmicos e artigos de revisão bibliográfica de periódicos cadastrados na base de dados WoS, portanto com fator de impacto.

Ademais, foram selecionadas as categorias voltadas para o tema de Cadeia de suprimentos (*Supply Chain*), resíduo eletrônico e cadeia de suprimentos circular, com destaque: *Environmental Sciences Engineering Environmental; Green Sustainable Science Technology; Environmental Studies; Management; Operations Research Management Science; Business*.

Para chegar ao número de 34 artigos revisados, os 46 artigos encontrados no *Web Of Science* foram submetidos a um filtro de data de publicação e exclusão de artigos de conferência, como demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Síntese dos dados



Fonte: elaboração própria.

Após o levantamento dos artigos, foi realizada uma análise por estatística descritiva utilizando o *VosViewer* para ter uma visualização da rede bibliométrica (Zupic; Čater, 2015). Ainda de acordo com os autores, o mapeamento no *VosViewer* é utilizado para gerar um diagrama bidimensional para refletir a localização de dois elementos de acordo com o relacionamento entre eles.

Vale destacar que, durante o processo de análise, a densidade é usada como um indicador para medir a força das interações entre as variáveis. O valor de grau de densidade 0 significa que não há interação entre as variáveis. Se o valor de densidade de uma rede for 1, significa que há forte interação entre as variáveis (Feng; Zhu; Lai, 2017). Van Eck e Waltman (2010) asseveram que, quanto maior o número de itens vizinhos e menores as distâncias entre esses itens e o ponto de interesse, maior a densidade de itens.

No próximo tópico, seguindo o roteiro de Tranfield, Denyer, Smart (2003), tem-se a segunda etapa: a execução que se traduz pela análise do banco de dados extraído da WoS.

5 2ª FASE: EXECUÇÃO POR MEIO DA ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos uma análise detalhada dos resultados obtidos ao longo do estudo, com o objetivo de elucidar os principais achados e suas implicações no contexto da pesquisa.

Primeiramente, expõem-se os 34 artigos selecionados na amostra, evidenciando-se o título, os autores e o respectivo periódico. No tópico seguinte, apresenta-se o número de citações de autores seguido pelas principais obras. Destaque, também, para a origem das obras que mais se destacaram e os principais periódicos que expõem esse tema. Por fim, as palavras-chave mais alinhadas com o tema.

5.1 A AMOSTRA

A lista dos 34 artigos avaliados está apresentada no quadro 2.

Quadro 2 – Lista de artigos avaliados na pesquisa

Ano	Título	Autores	Journals
2019	<i>Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal</i>	Mattos Nascimento, Daniel Luiz; Alencastro, Viviam; Goncalves Quelhas, Osvaldo Luiz; Gusmao Caiado, Rodrigo Goyannes; Garza-Reyes, Jose Arturo; Lona, Luis Rocha; Tortorella, Guilherme	<i>Journal of manufacturing technology management</i>
2019	<i>Challenges in supply chain re-design for the Circular Economy: A literature review and a multiple case study</i>	Bressanelli, Gianmarco; Perona, Marco; Saccani, Nicola	<i>International Journal of Production Research</i>
2018	<i>Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review</i>	Islam, Md Tasbirul; Huda, Nazmul	<i>Resources conservation and recycling</i>
2020	<i>Assessing enablers of e-waste management in circular economy using DEMATEL method: An Indian perspective</i>	Sharma, Manu; Joshi, Sudhanshu; Kumar, Ashwani	<i>Environmental science and pollution research</i>
2021	<i>Towards a circular economy: An emerging economies context</i>	Patwa, Nitin; Sivarajah, Uthayasankar; Seetharaman, Arumugam; Sarkar, Sabyasachi; Maiti, Kausik; Hingorani, Kunal	<i>Journal of business research</i>
2018	<i>Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase</i>	Awasthi, Abhishek Kumar; Cucchiella, Federica; D'Adamo, Idiano; Li, Jinhui; Rosa, Paolo; Terzi, Sergio; Wei, Guoyin; Zeng, Xianlai	<i>Science of the total environment</i>
2020	<i>Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda</i>	Bressanelli, Gianmarco; Saccani, Nicola; Pigosso, Daniela C. A.; Perona, Marco	<i>Sustainable production and consumption</i>
2019	<i>Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions</i>	Islam, Md Tasbirul; Huda, Nazmul	<i>Journal of environmental management</i>
2021	<i>Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining</i>	Xavier, Lucia Helena; Giese, Ellen Cristine; Ribeiro-Duthie, Ana Cristina; Lins, Fernando Antonio Freitas	<i>Resources Policy</i>

2019	<i>The Reverse Supply Chain of the E-Waste Management Processes in a Circular Economy Framework: Evidence from Italy</i>	Isernia, Raffaele; Passaro, Renato; Quinto, Ivana; Thomas, Antonio	<i>Sustainability</i>
2019	<i>Barriers of a closed-loop cartridge remanufacturing supply chain for urban waste recovery governance in China</i>	Shi, Jing; Zhou, Junjie; Zhu, Qinghua	<i>Journal of cleaner production</i>
2021	<i>Enablers, levers and benefits of Circular Economy in the Electrical and Electronic Equipment supply chain: a literature review</i>	Bressanelli, Gianmarco; Pigosso, Daniela C. A.; Saccani, Nicola; Perona, Marco	<i>Journal of cleaner production</i>
2021	<i>End-of-life solar photovoltaic e-waste assessment in India: a step towards a circular economy</i>	Gautam, Ayush; Shankar, Ravi; Vrat, Prem	<i>Sustainable Production and Consumption</i>
2020a	<i>Reshaping WEEE management in Australia: An investigation on the untapped WEEE products</i>	Islam, Md Tasbirul; Huda, Nazmul	<i>Journal of cleaner production</i>
2020	<i>Learning strategic cooperative behavior in industrial symbiosis: A game-theoretic approach integrated with agent-based simulation</i>	Yazan, Devrim Murat; Yazdanpanah, Vahid; Fraccascia, Luca	<i>Business strategy and the environment</i>
2020	<i>Combining an artificial intelligence algorithm and a novel vehicle for sustainable e-waste collection</i>	Nowakowski, Piotr; Szwarc, Krzysztof; Boryczka, Urszula	<i>Science of the total environment</i>
2019	<i>Sustainability through remanufacturing of e-waste: Examination of critical factors in the Indian context</i>	Singhal, Deepak; Tripathy, Sushanta; Jena, Sarat Kumar	<i>Sustainable production and consumption</i>
2021	<i>A global review of consumer behavior towards e-waste and implications for the circular economy</i>	Islam, Md Tasbirul; Huda, Nazmul; Baumber, Alex; Shumon, Rezaul; Zaman, Atiq; Ali, Forkan; Hossain, Rumana; Sahajwalla, Veena	<i>Journal of cleaner production</i>
2021	<i>Growing e-waste management risk awareness points towards new recycling scenarios: The view of the Big Four's youngest consultants</i>	Appolloni, Andrea; D'Adamo, Idiano; Gastaldi, Massimo; Santibanez-Gonzalez, Ernesto D. R.; Settembre-Blundo, Davide	<i>Environmental technology & innovation</i>
2020b	<i>Waste mobile phones: A survey and analysis of the awareness, consumption and disposal behavior of consumers in Australia</i>	Islam, Md Tasbirul; Dias, Pablo; Huda, Nazmul	<i>Journal of environmental management</i>
2021	<i>Sustainable collection center location selection in emerging economy for electronic waste with fuzzy Best-Worst and fuzzy TOPSIS</i>	Sagnak, Muhittin; Berberoglu, Yalcin; Memis, Ilker; Yazgan, Ogulcan	<i>Waste management</i>

2019	<i>A Scientometric Review of Resource Recycling Industry</i>	Wang, Minxi; Liu, Ping; Gu, Zhaoliang; Cheng, Hong; Li, Xin	<i>International journal of environmental research and public health</i>
2022	<i>Risk assessment for sustainability in e-waste recycling in circular economy</i>	Kazancoglu, Yigit; Ozkan-Ozen, Yesim Deniz; Mangla, Sachin Kumar; Ram, Mangey	<i>Clean technologies and environmental policy</i>
2022	<i>A comparative study of national variations of the European WEEE directive: manufacturer's view</i>	Andersen, Terje	<i>Environmental science and pollution research</i>
2021	<i>Circularity for Electric and Electronic Equipment (EEE), the Edge and Distributed Ledger (Edge&DL) Model</i>	Andersen, Terje; Jaeger, Bjorn	<i>Sustainability</i>
2021	<i>Towards a Smart E-Waste System Utilizing Supply Chain Participants and Interactive Online Maps</i>	Shevchenko, Tetiana; Saidani, Michael; Danko, Yuriy; Golyshcheva, Ievgeniia; Chovancová, Jana; Vavrek, Roman	<i>Recycling</i>
2021	<i>Economic potential of recycling e-waste in India and its impact on import of materials</i>	Panchal, Rohit; Singh, Anju; Diwan, Hema	<i>Resources policy</i>
2020	<i>Increasing gaps between materials demand and materials recycling rates: A historical perspective for evolution of consumer products and waste quantities</i>	Tansel, Berrin	<i>Journal of environmental management</i>
2022	<i>Analysis of Critical Success Factors to Design E-waste Collection Policy in India: A Fuzzy DEMATEL Approach</i>	Singh, Shailender; Dasgupta, Mani Sankar; Routroy, Srikanta	<i>Environmental science and pollution research</i>
2021	<i>An Optimization-Based System Dynamics Simulation for Sustainable Policy Design in WEEE Management Systems</i>	Llerena-Riascos, Camilo; Jaen, Sebastian; Montoya-Torres, Jairo Rafael; Villegas, Juan G.	<i>Sustainability</i>
2021	<i>Dynamic modelling of Australian rooftop solar photovoltaic product stewardship transition</i>	Salim, Hengky K.; Stewart, Rodney A.; Sahin, Oz; Dudley, Michael	<i>Waste management</i>
2022	<i>Opportunities for reducing the supply chain water footprint of metals used in consumer electronics</i>	Madaka, Hema; Babbitt, Callie W.; Ryen, Erinn G.	<i>Resources conservation and recycling</i>
2022	<i>Cleaning after solar panels: applying a circular outlook to clean energy research</i>	Duran, A. Serasu; Atasu, Atalay; Van Wassenhove, Luk N.	<i>International journal of production research</i>
2021	<i>Constructed Governance as Solution to Conflicts in E-Waste Recycling Networks</i>	Pedro, Fernanda; Giglio, Ernesto; Velazquez, Luis; Munguia, Nora	<i>Sustainability</i>

Fonte: elaboração própria.

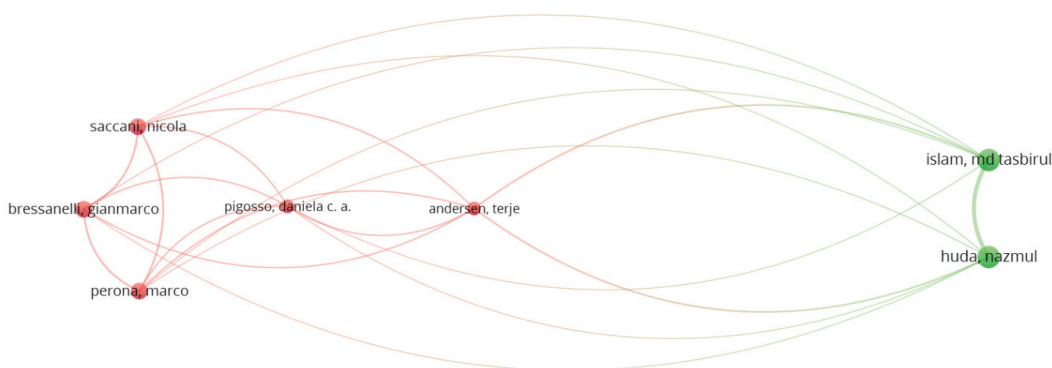
De forma descritiva, tem-se a seguinte frequência de publicações por periódico: Journal of cleaner Production (4), Sustainability (4), Environmental science and pollution research (3), Journal of environmental management (3), Sustainable production and consumption (3), International Journal of Production Research (2), Resources conservation and recycling (2), Resources Policy (2), Science of the total environment (2), Waste management (2), Business strategy and the environment (1), Clean technologies and environmental policy (1), Environmental technology & innovation (1), International journal of environmental research and public health (1), Journal of business research (1), Journal of manufacturing technology management (1), Recycling (1). O período de publicação foi entre 2018 a 2022.

5.2 POR CITAÇÃO DE AUTORES

A quantificação das citações é usada como uma medida de influência na academia. Se o índice de citação for alto, a publicação ou o autor serão considerados influentes no campo (Zupic; Čater, 2015).

Dessa forma, estabeleceram-se os critérios para geração da visualização que foram, pelo menos, 2 publicações do autor e, pelo menos, 1 citação. Pela visualização gerada na figura 2, percebe-se que há dois *clusters* diferentes, um à esquerda, em laranja, e outro à direita, em verde. Isso indica dois campos distintos de publicação. Ao todo, há 110 autores distribuídos em 34 artigos que compõem a base, dos quais os 10 autores mais citados correspondem a 44,69% do total de citações analisadas.

Figura 2 - Análise de citação de autores



Fonte: autores por meio do software VosViewer.

Observa-se, na figura 2, que ambas as linhas se utilizam dos trabalhos de Andersen (2022) em seus estudos, e, por isso, esse autor aparece ao centro da visualização.

Na tabela 1, indicam-se os autores citados nessa amostra, número de documentos, citações e a força total de ligação desses autores diante do tema, considerando todos os envolvidos com o tema, sem restrição de número de publicações e citações.

Tabela 1 - Relação de autores mais citados com respectivo número de documentos, citações e força total de ligação

Autor	Documentos	Citações	Força total
Huda, Nazmul	5	273	84
Islam, Md Tasbirul	5	273	84
Bressanelli, Gianmarco	3	259	18
Perona, Marco	3	259	18
Saccani, Nicola	3	259	18
Andersen, Terje	2	12	15
Dias, Pablo	1	24	14
Pigosso, Daniela C. A.	2	93	11
Giese, Ellen Cristine	1	38	11
Lins, Fernando Antonio Freitas	1	38	11
Outros	101	4487	268
Total	127	6015	552

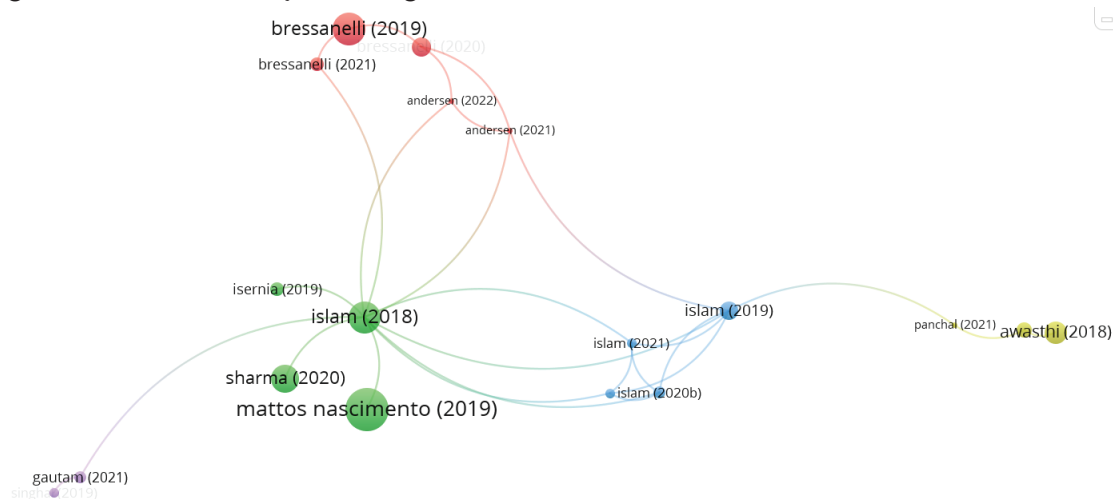
Fonte: software VosViewer.

A tabela 1 foi realizada mediante a classificação do maior para o menor número de publicações e apontou 127 autores envolvidos com o tema, caracterizando-o como bastante massificado na área acadêmica.

5.3 POR CITAÇÃO DE ARTIGOS

Foi gerada uma análise de citação entre os artigos a partir da figura 3. Evidenciam-se os trabalhos mais citados: Nascimento *et al.* (2019), Bressanelli, Perona e Saccani (2019) e Islam *et al.* (2018). Mesmo que Andersen (2022) tenha sido um autor utilizado pelos 2 clusters identificados anteriormente, percebe-se que ele ainda não possui muitas citações, o que pode ser explicado, pois suas publicações são mais recentes, tendo sido publicadas em 2021 e 2022.

Figura 3 - Análise de citação de artigos



Fonte: software VosViewer.

Infer-se que a principal justificativa para a definição desses clusters são: Nascimento *et al.* (2019) evidenciam o papel da tecnologia junto aos processos da economia circular para a reutilização e redução das perdas e Bressanelli, Perona e Saccani (2019) realizam a revisão bibliográfica. Na tabela 2, a relação dos autores, com o número de citações das obras, o respectivo percentual perante a amostra, o número de relacionamentos e o cluster em que se enquadra.

Tabela 2 - Principais artigos relacionados ao tema

Documentos	Citações	Percentual		Cluster
Nascimento <i>et al.</i> (2019)	269	19%	1	1
Bressanelli, Perona e Saccani (2019)	166	12%	3	5
Islam e Huda (2018)	157	11%	13	1
Sharma <i>et al.</i> (2020)	120	9%	2	7
Patwa <i>et al.</i> (2021)	92	7%	0	-
Awasthi <i>et al.</i> (2018)	80	6%	1	3
Bressanelli <i>et al.</i> (2020)	61	4%	3	4
Islam e Huda (2019)	58	4%	6	2
Xavier <i>et al.</i> (2021)	38	3%	2	3
Isernia <i>et al.</i> (2019)	33	2%	1	1
Outros	310		32	
Total	1384		64	

Fonte: software VosViewer.

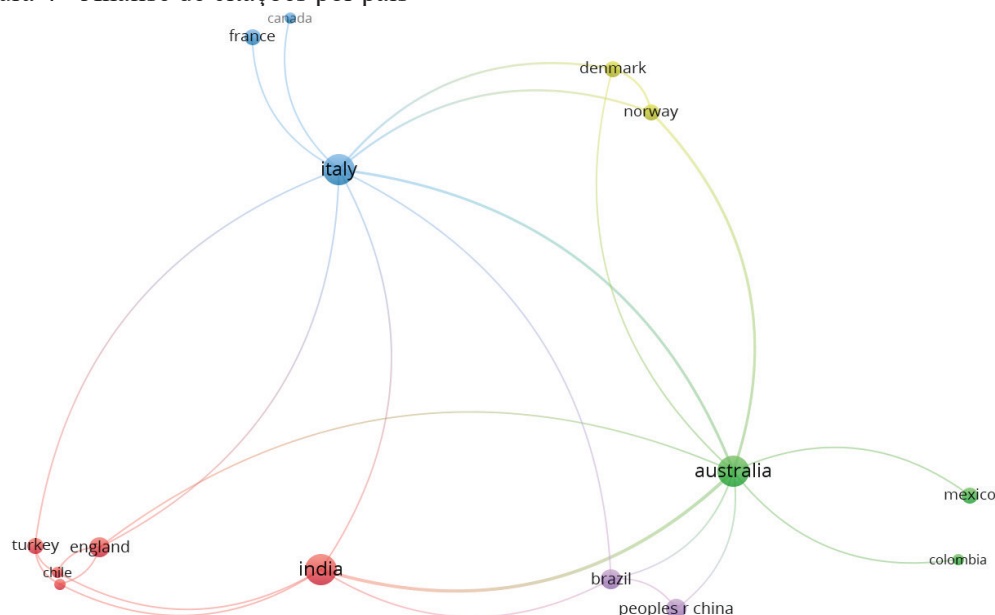
Na tabela 2, os 33 manuscritos, que receberam, pelo menos, uma citação, somam um total de 1384 citações, ao passo que os 10 artigos mais citados correspondem a um percentual acumulado de, aproximadamente, 80% das citações. Portanto, esses manuscritos fazem parte da discussão do tema em quatro de cinco artigos publicados. O destaque está para o artigo de Islam e Huda (2018) que possui 13 relacionamentos identificados entre os clusters e o cluster com mais artigos é o número 1.

5.4 POR CITAÇÃO DE PAÍSES

Por meio da figura 4, é possível perceber os países das instituições que mais publicam sobre o recorte escolhido são Austrália, Índia e Itália. A posição de centralidade da Itália merece destaque, pois demonstra que as publicações referentes ao tema são reconhecidas mundialmente.

Assim como países com grande população, e, conseqüentemente, alto índice de utilização e consumo de produtos eletroeletrônicos, tais como os Estados Unidos da América (EUA) e a China estão em uma posição periférica. No caso do Brasil, visualiza-se interface de pesquisa com os demais países – Itália, Austrália, Índia, China. Porém, no maior país da América Latina, em extensão territorial, pesquisadores brasileiros não possuem publicações com pesquisadores de instituições mexicanas, chilenas e colombiana.

Figura 4 - Análise de citações por país



Fonte: autores por meio do *software VosViewer*.

5.5 POR CITAÇÃO DE JOURNAL

Em relação à quantidade de citações por *journal*, na figura 5, apresentam-se os mais relevantes: *Environmental Science and Pollution Research* com 129 citações, classificação Qualis A2 e fator de impacto 5,190 (2021), seguido por *Sustainable Production and Consumption* com 106 citações, classificação Qualis A2 e fator de impacto 8,921 e *Journal of Cleaner Production* com 99 citações, classificação Qualis A1 e fator de impacto 11,072 (2021).

Figura 5 - Análise de citações por *journal*

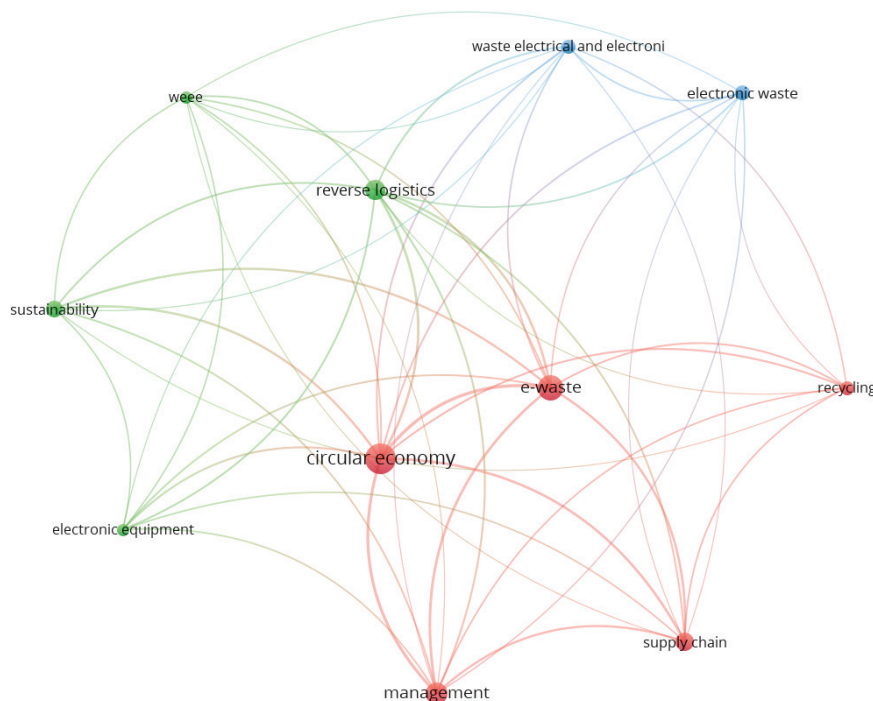
Fonte: autores por meio do *software VosViewer*.

Analisando a figura 5, a caracterização da distância e os relacionamentos entre os periódicos expõem as linhas de pesquisa bem como o recorte quanto às publicações realizadas.

5.6 POR CITAÇÃO DE PALAVRAS-CHAVE

A análise de palavras-chave utilizada no recorte da pesquisa visa construir um mapa semântico do campo (Zupic; Cater, 2015). Demonstra-se a relação de duas ou mais palavras que possuem significados iguais ou semelhantes e possibilita, cientificamente, expor as ligações entre subcampos e traçar uma tendência. Para analisar as citações por palavras-chave, utilizou-se a opção *All Keywords* do *VosViewer*, categorizando um mínimo de 5 ocorrências.

Figura 6 - Palavras-chave mais utilizadas



Fonte: software VosViewer.

Na figura 6, visualizam-se três *clusters*, e a principal palavra-chave é *circular economy*. O *cluster* com maior relevância, engloba *circular economy*, *e-waste*, *management*, *supply chain*, *recycling*. As palavras-chave mais utilizadas foram *circular economy* (29), *e-waste* (20), e *management* (15), *reverse logistics* (13) e *supply chain* (10). Destaca-se que a palavra “*circular economy*” apresenta-se centralizado e com maior destaque na representação gráfica, demonstrando a relevância perante as demais.

5.7 DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS ARTIGOS

Nesse tópico, abordam-se os 12 principais artigos relacionados ao tema, descritos em ordem decrescente de número de citações pela base de dados WoS, conforme tabela 2.

Nascimento *et al.* (2019) asseveram sobre o papel das tecnologias emergentes integradas ao contexto da economia circular (EC), buscando estabelecer novos modelos de negócio que reutilizem e reciclem as perdas do processo de manufatura. Como resultado, os autores declaram que a reutilização dos resíduos na cadeia de suprimentos sustentável é positiva. Para tanto, a utilização das tecnologias emergentes, a logística reversa e a manufatura aditiva suportam a EC **positivamente**. Contudo, a transição para EC exige investimentos significativos em tecnologia, infraestrutura e redesenho de processos.

Bressanelli, Perona e Sacconi (2019), por meio da revisão bibliográfica, discutem sobre o redesenho da cadeia de suprimentos para a EC. Nesse sentido, evidenciam a falta de sistematização dos desafios e dos caminhos para superá-los. Os autores abordam que o **nível de verticalização** na cadeia de suprimentos não é necessariamente uma condição para implementação da EC.

Também por meio da revisão bibliográfica, Islam e Huda (2018) buscam compreender

os desafios e as sinergias da logística reversa e da cadeia de suprimentos considerada como “circuito fechado”. Nesse contexto, foi realizada a análise de conteúdo quanto à revisão da literatura, possibilitando o desenho e o planejamento da distribuição reversa, a decisão e avaliação de desempenho e os modelos teóricos propostos.

Por outro lado, Patwa *et al.* (2021) discutem sobre a EC na percepção dos consumidores e os usuários sobre o uso de produtos remanufaturados e a oferta de serviços compartilhados. Nesse sentido, a pesquisa se insere no contexto de economias emergentes, que são desafiadas pela oferta de recursos, políticas governamentais e comportamentos de consumidores diferentes de países desenvolvidos. Isto é, enquanto nos países desenvolvidos existe, registra-se a preocupação ambiental e disposição para pagar pelos produtos ambientalmente corretos. Por outro lado, em países emergentes, o critério ganhador de pedido para os consumidores ainda é o preço. Registra-se, também, a utilização de produtos por um tempo maior, retardando as alternativas de reciclagem.

Ainda nesse contexto de países emergentes e devido à importância do tema (impactos social, ambiental e econômico), tanto para países desenvolvidos como para emergentes, Sharma, Joshi e Kumar (2020) abordam sobre a implementação de práticas sustentáveis para o redesenho e a reciclagem de produtos. Nesse ambiente, estabeleceu-se que o Sistema de Gerenciamento Ambiental é o mais significativo e importante direcionador para boas práticas ambientais. Por outro lado, o controle de perdas e desperdícios gerados na produção de eletroeletrônicos pode ser mitigado por meio de ações de desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos, a implementação de legislação assertiva e efetiva, a busca pela legitimidade da imagem de consciência ambiental e o suporte para a implementação de práticas de EC.

Awasthi *et al.* (2018) também ratificam a importância da cadeia de suprimentos

circular para evitar consequências adversas para o meio ambiente e a saúde humana. O estudo estabelece a relação entre a geração do resíduo eletrônico e o Produto Interno Bruto (PIB) por habitante. Nesse panorama, a realização da cadeia de suprimentos circular deve promover a reutilização e a reciclagem de metais valiosos, tais como cobre, ouro, prata e paládio, proporcionando, assim, a redução do uso de minerais diversos.

Bressanelli *et al.* (2020), por meio da revisão bibliográfica, classificam 115 artigos quanto aos seguintes aspectos: objetivos e metodologia, contexto e geografia; atores e fases de ciclo de vida; a economia 4R – quanto às estratégias de reutilização, redução, remanufatura e reciclagem. Os autores identificam lacunas de pesquisa bem como direcionamentos para futuras pesquisas no setor, evidenciam a falta de pesquisas empíricas sobre o tema para resolver problemas práticos.

Islam e Huda (2019) discorrem sobre a análise de fluxo de materiais (AFM) para o gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. Nesse contexto, o compartilhamento do aprendizado no uso da ferramenta é importante, visto que existem protocolos a serem seguidos. Assim, os autores apresentam as aplicações, as tendências, as características, as lacunas de pesquisa e os desafios para o uso da AFM.

Xavier *et al.* (2021) discutem sobre a reutilização e recirculação de produtos e materiais para a efetiva EC. Nesse sentido, discutem sobre a mineração urbana como mecanismo de redução dos impactos ambientais, sociais e econômicos em face dos processos tradicionais.

Isernia *et al.* (2019) avaliam o desempenho do sistema de gestão da cadeia de suprimentos reversa de resíduos eletroeletrônicos e da legislação quanto à capacidade de apoiar o cumprimento das metas definidas pela União Europeia (UE), com um foco específico nos pontos de coleta, que são considerados os pontos iniciais da cadeia logística reversa dos resíduos. Como resultado, demonstrou-se que essas iniciativas ainda são incipientes, pois

não atingiram as metas estabelecidas de taxa de coleta de resíduos conforme estipulado pela UE. Contudo, destaca-se que alguns pontos de coleta superaram os objetivos estabelecidos.”

Apesar de não estar entre os principais artigos citados, dois artigos merecem destaque devido ao número de relacionamentos que possuem com outros clusters.

Islam *et al.* (2021) possuem quatro redes de ligação, no cluster 4, demonstrando a sua relevância na amostra. Nesse panorama, os autores discutem sobre a percepção do consumidor sobre o fluxo reverso do resíduo eletrônico - reparo, reutilização, remanufatura e reciclagem. O resultado estudo demonstra que a disposição final e o comportamento da reciclagem são as duas áreas principais de interesse de pesquisa nos estudos revisados. Em contraste, a reutilização e o comportamento e o reparo são menos estudados, expondo oportunidades de pesquisa.

Andersen (2022), também do cluster 4, e com três ligações, descreve, na perspectiva de uma empresa de manufatura, os desafios para implementação das boas práticas para migração para operações mais sustentáveis na Europa. Os principais resultados são quanto às questões normativas e de custos ambientais que diferem de país para país, promovendo incertezas na coordenação das cadeias de suprimentos reversa. Desse modo, a origem do fluxo reverso proporciona uma alienação de esforços e, conseqüentemente, maiores custos operacionais.

No próximo tópico, expõem-se as evidências e recomendações para futuros estudos por meio da proposta de um modelo teórico para avaliação da maturidade dos processos, buscando a implantação da cadeia de suprimentos circular.

6 3ª FASE: EVIDÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS ESTUDOS

Essa 3ª fase dar-se-á pela apresentação de um modelo teórico de avaliação da

maturidade de processos. Esse é usado para mensurar, comparar, descrever ou determinar a evolução dos processos e também de integração interfuncional e interorganizacional (Facchini *et al.*, 2020).

Nesse ambiente, a revisão bibliométrica deve oferecer, além das estatísticas descritivas, análise do mapeamento de produções, também oferecer contribuições acadêmicas e práticas (Mukherjee *et al.*, 2022; Tranfield; Denyer; Smart, 2003).

Assim, mediante a análise dos artigos da pesquisa bibliométrica e embasados nos modelos de Wheelwright e Hayes (1985) e logística e cadeia de suprimentos de Sweeney, Grant e Mangan (2018) tem-se a proposta de modelo teórico de avaliação da maturidade para alavancar a cadeia de suprimentos circular.

O objetivo é expor os processos que descrevem o caminho evolutivo de melhoria, desde a fase inicial, considerados como processos “iniciais”, até os processos considerados como referência, ou *benchmarking* (Facchini *et al.*, 2020; Wheelwright; Hayes, 1985).

A avaliação dessa evolução pode ser realizada por métodos qualitativos ou quantitativos (Nagy *et al.*, 2018). Ainda de acordo com os autores, os modelos de maturidade são adotados para avaliar uma empresa de acordo com um o nível de aderência aos processos indicados por nível, pois dessa forma, obtêm-se mecanismos úteis sobre o que está sendo feito e quais são as melhorias dos processos existentes.

Dessa forma, as organizações almejam estágios de evolução, em que a área de operações pode contribuir para maior competitividade da organização. Assim, por meio da avaliação desses estágios, decorre a evolução dos processos, produtos, serviços e tecnologias buscando uma vantagem competitiva sustentável (Facchini *et al.*, 2020; Wheelwright; Hayes, 1985).

Nesse panorama, as empresas vinculadas ao estágio 1 consideram a área de operações como uma área neutra dentro da organização, sendo incapaz de influenciar a obtenção do sucesso competitivo, e estão mais preocupados

com algum impacto negativo que essa área possa gerar.

Nesse estágio, os gestores buscam mapear os processos logísticos (armazenagem, transporte e processamento de pedidos), os processos de coleta, reciclagem, reutilização, disposição são realizados para atendimento aos padrões regulatórios e indicadores de desempenho econômicos, ambientais e sociais (Islam; Huda, 2018).

Para as empresas no estágio 2, essas buscam se equiparar a suas concorrentes em competitividade ligada à área de operações. Assim, avaliam os investimentos necessários para a obtenção de vantagem competitiva – novos produtos, serviços e processos de fabricação e de distribuição. Esse nível é chamado de neutralidade externa, pois as empresas buscam se comparar com empresas ou organizações externas.

Nesse sentido, evidenciam-se a padronização dos processos, por meio da implantação do Sistema de Gerenciamento Ambiental e a avaliação de desempenho perante os demais concorrentes. Sendo assim, as inovações tecnológicas são, na maioria das vezes, adquiridas e não desenvolvidas. A avaliação do circuito fechado ocorre por meio do reconhecimento das melhores práticas (Sharma; Joshi; Kumar, 2020). Bressanelli, Perona e Saccani (2019) evidenciavam a falta de padronização dos processos de logística reversa.

No estágio 3, as empresas entendem que os processos operacionais apoiam e fortalecem a competitividade das empresas, tornando-se um suporte interno que contribui para a estratégia geral de negócios em todas as áreas funcionais. Corroborando Nascimento *et al.* (2019), essas empresas veem o avanço

tecnológico como algo natural em resposta às mudanças na estratégia de negócios e à posição de competitividade.

São empresas que aspiram ser a melhor do mercado na função de produção, em que as decisões são usadas para apoiar as estratégias corporativas, por isso é considerado como sendo de apoio interno. Desse modo, a área de operações tem autoridade para tomada de decisões e tem visão clara de sua concorrência e dos objetivos estratégicos da organização. Buscam encontrar as necessidades de mercado – produtos e serviços, canais de distribuição, políticas de fornecimento – compreendendo as habilidades necessárias para que possa trabalhar dentro das restrições de recursos.

Por fim, no estágio 4, último estágio mencionado por Wheelwright e Hayes (1985), a Wheelwright área de operações assume um papel importante para o sucesso competitivo da organização. Estas empresas estão sempre em busca de equilíbrio e excelência em todas as funções ligadas à manufatura, à logística e às operações.

Neste estágio, a área de operações é vista como uma área criativa e proativa e estão sempre buscando inovar para adaptar as mudanças no mercado. A operação compreende a necessidade e a expectativa do cliente interno ou externo, o monitoramento do ambiente externo, tais como as condições de mercado, de trabalho e das tecnologias do futuro, corroborando Bressanelli, Perona e Saccani (2019) sobre os níveis de verticalização da cadeia de suprimentos.

No quadro 3, são apresentados, de forma sucinta, os principais processos relacionados com a gestão da cadeia de suprimentos circular.

Quadro 3 - Estágios para alavancar a cadeia de suprimentos circular (Wheelwright; Hayes, 1985)

	Estágio 1: Buscar <i>Benchmarking</i> de boas práticas	Estágio 2: Integrar os processos	Estágio 3: Desenvolver competências	Estágio 4: Tornar-se referência (<i>Benchmarking</i>)
Atividades	Mapear os processos logísticos (armazenagem, transporte e processamento de pedidos). Mapear os processos de coleta, reciclagem, reutilização disposição são realizados para atendimento aos padrões regulatórios. Buscar indicadores de desempenho econômicos, ambientais e sociais Avaliar integração	Investigar a Inter funcionalidade (interface com outras áreas funcionais). Identificar oportunidades para o uso de “circuito fechados” Avaliar as atividades visando mapear a “pegada” da cadeia de suprimentos de metais utilizados em produtos eletroeletrônicos Estudar a terceirização/ verticalização na cadeia de suprimentos (desde o ponto de coleta até a remanufatura)	Avaliar o <i>design</i> de produtos Rever políticas de fornecimento Avaliar prestadores de serviços para a remanufatura de produtos. Diversificar os canais de distribuição diretos e reversos Avaliar a flexibilidade e a inovação nas operações (fluxo direto e reverso) Identificar as empresas da cadeia de suprimentos para cooperar no sentido de reduzir os custos de descarte de resíduos	Realizar parcerias com fornecedores Desenvolver novos produtos com clientes Utilizar novas tecnologias para controle e monitoramento de produtos e serviços compartilhados Implantar serviços compartilhados de reutilização/ Reciclagem de equipamentos Avaliar a efetividade da logística no processo
O papel do cliente	Identificar os pontos de coleta. Conhecer os impactos gerados pelo retorno correto de resíduos.	Avaliar os benefícios sociais, econômicos e ambientais pelo retorno correto de produtos e embalagens	Buscar maior engajamento sobre o tema. Oferecer personalização de produtos e serviços compartilhados como mecanismo de redução dos impactos ambientais e sociais.	Desenvolve comunidades e experiências.

Fonte: elaboração própria.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma revisão bibliométrica com 34 publicações da área do lixo eletroeletrônico, também conhecido como *e-waste*, ocorridas entre 2017 e 2021, visando gerar recomendações para novos estudos, por meio da pesquisa na base de dados *Web of Science* (WoS) e, posteriormente, analisar os dados pelo meio do *VosViewer*.

O mapeamento bibliométrico pelo software *VosViewer* foi utilizado para criar uma visualização em rede dos principais artigos, autores, *journals* e palavras-chave mais relevantes no tema selecionado e a relação entre as palavras-chave: *Supply Chain Management*, *E-waste* e *Circular Supply Chain Management*.

As contribuições acadêmicas estão voltadas pela avaliação da produção científica publicada entre 2017 e 2021 a respeito da aplicação da *Circular Supply Chain Management* (CSCM) e o *e-waste* ou WEEE bem como a análise dos estágios de evolução das operações para alavancar a cadeia de suprimentos circular. Nesse sentido, reconhecer as principais práticas e os mecanismos de melhoria são essenciais para garantia do sucesso da cadeia de suprimentos circular.

Como resultados, encontrou que, entre 2017 e 2021, as produções científicas estão separadas em 2 *clusters*. Se, por um lado, Nascimento *et al.* (2019) asseveram sobre o papel da tecnologia junto aos processos da economia circular (EC), buscando mecanismos para a reutilização e a redução das perdas, Bressanelli, Perona e Saccani (2019) evidenciam as decisões estruturais e políticas necessárias para implementação da EC na cadeia de suprimentos.

Os países mais citados são Austrália, Índia e Itália, e, portanto, demonstram relevância a respeito da CSCM. Buscar por trabalhos desenvolvidos nesses países pode auxiliar a encontrar produção científica mais madura em seus devidos contextos. Seria muito improvável falar de CSCM e *e-waste* sem citar algum trabalho desenvolvido nesses países.

Nesse contexto, o Brasil possui um papel periférico quanto às publicações da área.

As revistas mais relevantes no recorte são *Environmental Science and Pollution Research* (129 citações), seguido por *Sustainable Production and Consumption* (106 citações) e *Journal of Cleaner Production* (99 citações).

Parte importante para determinar se um artigo será encontrado por outros pesquisadores em suas pesquisas e aumentar as chances de o estudo ser citado é a definição das palavras-chave. Neste estudo, verificaram-se três *clusters*, nos quais a principal palavra-chave é *circular economy*. O *cluster* com maior relevância engloba *circular economy*, *e-waste*, *management*, *supply chain*, *recycling*. As palavras-chave mais utilizadas foram *circular economy* (29), *e-waste* (20), e *management* (15), *reverse logistics* (13) e *supply chain* (10).

Assim, do ponto de vista teórico, principalmente à luz dos resultados emergentes, este trabalho pode ser considerado uma das primeiras tentativas de explorar os mecanismos de evolução para a cadeia de suprimentos circular, propondo um modelo de maturidade para avaliar os processos logísticos. Nesse ambiente, proporciona condições moderadoras para as futuras observações para detectar, analisar e reportar diferentes contextos sobre o tema (Durach; Kembro; Wieland, 2017).

Adicionalmente, essa revisão bibliométrica traz contribuições empresariais, pois a avaliação da gestão da cadeia de suprimentos circular do resíduo eletrônico, ou *e-waste*, relaciona-se com os três pilares da sustentabilidade – econômico, ambiental e social. Para tanto, oferece um modelo teórico para discussão sobre as principais práticas e habilidades a serem realizadas. Dessa forma, é uma ferramenta especial para empresas de manufatura e logística quanto à avaliação do nível de prontidão para a CSCM.

Assim, mesmo com avanços nos estudos da CSCM, as lacunas de pesquisa permanecem, pois diferentemente de países desenvolvidos, o contexto brasileiro quanto à cadeia de suprimentos circular apresenta

baixo índice de reciclagem. Adicionalmente, a operacionalização da cadeia de suprimentos circular é única, tendo em vista a necessidade de envolver outros agentes, além dos tradicionais, tais como cooperativas de catadores, órgãos governamentais e ONG's - organizações não governamentais.

Nesse sentido, este manuscrito contribui para um setor relacionado com a cadeia de suprimentos de eletroeletrônicos: o setor de mineração, que representa mais de 10% das exportações do Brasil e esteve envolvido com catástrofes ambientais, tais como Brumadinho e Mariana. Assim, viabilizar novos negócios e tecnologias que busquem a recuperação, a classificação e a reutilização do resíduo eletrônico pode promover inovações de processos, produtos, e de serviços refletindo em melhorias na forma de reutilização dos minerais.

Para o setor de governança pública, este manuscrito auxilia na comunicação sobre a legislação (Lei 12.305) sobre resíduos sólidos, oferecendo para os gestores públicos boas práticas a serem realizadas e habilidades a serem desenvolvidas em conjunto com a sociedade.

Sobre as limitações da pesquisa, declara-se que são inúmeras, como a construção do protocolo de pesquisa e delineando-se para: a escolha das palavras-chave, dos artigos e a análise subjetiva por parte dos pesquisadores.

Nesse panorama, os deméritos, no protocolo de pesquisa, podem ocorrer a partir da seleção errônea de palavras-chave, das categorias e a escolha da base de dados. Contudo, buscando mitigá-los, foi realizada a leitura prévia sobre o tema, tanto em fontes acadêmicas como na literatura "cinza", por parte da equipe. Dessa forma, foi possível evidenciar as lacunas de pesquisas, a importância do assunto e também as palavras-chave dos principais artigos sobre o tema.

Para estudos futuros, sugere-se a análise sem determinação do período de publicação para que seja possível realizar análises a

respeito dos artigos bases e mais antigos da área utilizando a análise de cocitação. Ademais, evidenciar o papel das teorias organizacionais, tal como a teoria institucional (critérios normativos, coercitivo e miméticos), da RBV (*Resource Based View*) ou da NRBV (*Natural Resource based View*) como fator de alavancagem de novos projetos de economia circular, assim como a relevância das novas tecnologias que possibilitam o acesso aos novos modelos de negócio.

REFERÊNCIAS

- AMANKWAH-AMOA, J. Global business and emerging economies: Towards a new perspective on the effects of e-waste. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 105, p. 20-26, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.026>
- ANDERSEN, T. A comparative study of national variations of the European WEEE directive: manufacturer's view. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13206-z>
- AWASTHI, A. K.; CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; LI, J.; ROSA, P.; TERZI, S.; WEI, G.; ZENG, X. Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 613, p. 46-53, 2018. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2017.08.288](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.288)
- BATISTA, L.; BOURLAKIS, M.; SMART, P.; MAULL, R. In search of a circular supply chain archetype – a content-analysis-based literature review. **Production Planning & Control**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 438-451, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1343502>
- BOVEA, M. D.; IBÁÑEZ-FORÉS, V.; PÉREZ-BELIS, V.; JUAN, P. A survey on consumers' attitude towards storing and end of life strategies of small information and communication technology devices in Spain.

- Waste Management**, [s. l.], v. 71, p.589-602, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.040>
- BRASIL. **Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 20 jan. 2024.
- BRESSANELLI, G.; PERONA, M.; SACCANI, N. Challenges in supply chain redesign for the Circular Economy: a literature review and a multiple case study. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 57, n. 23, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1542176>
- BRESSANELLI, G.; SACCANI, N.; PIGOSSO, D. C.; PERONA, M. Circular Economy in the WEEE industry: A systematic literature review and a research agenda. **Sustainable Production and Consumption**, [s. l.], v.23, p.174-188, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.05.007>
- BRESSANELLI, G.; PIGOSSO, D. C.; SACCANI, N.; PERONA, M. Enablers, levers and benefits of Circular Economy in the Electrical and Electronic Equipment supply chain: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 298, 2021, DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126819
- CENTOBELLI, P.; CERCHIONE, R.; CHIARONI, D.; DEL VECCHIO, P.; URBINATI, A. Designing business models in circular economy: A systematic literature review and research agenda. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], v.29, p.1734-1749, 2020. DOI: 10.1002/bse.2466
- DURACH, C. F.; KEMBRO, J.; WIELAND, A. A new paradigm for systematic literature reviews in supply chain management. **Journal of Supply Chain Management**, [s. l.], v. 53, n. 4, p. 67-85, 2017.
- ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. **Environmental quality management Management**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 37-51, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106>
- FACCHINI, F.; OLÉSKÓW-SZŁAPKA, J.; RANIERI, L.; URBINATI, A. A maturity model for logistics 4.0: An empirical analysis and a roadmap for future research. **Sustainability**, Switzerland, v. 12, n. 1, p.1-18. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/SU12010086>
- FAN, M.; KHALIQUE, A.; QALATI, S. A.; GILLAL, F. G.; GILLAL, R. G. Antecedents of sustainable e-waste disposal behavior: the moderating role of gender. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 29, n. 14, p. 20878-20891, 1 Mar. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17275-y>
- FAROOQUE, M.; ZHANG, A.; THÜRER, M.; QU, T.; HUISINGH, D. Circular supply chain management: A definition and structured literature review. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 228, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.303>
- FENG, Y.; ZHU, Q.; LAI, K. H. Corporate social responsibility for supply chain management: A literature review and bibliometric analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 158, p. 296-307, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.018>
- FONTOURA, D. G. D.; BONATO, S. V.; JUNGES, V. D. C.; RODRIGUES, G. D. O.; SALOMÃO, C. S. Barriers and opportunities of the circular economy in small and medium enterprises: a systematic review of the literature. **Revista de Administração da UFSM**, [s. l.], v. 17, n. 3, 2024.
- GILAL, F. G.; ZHANG, J.; GILAL, N. G.; GILAL, R. G. Linking self-determined needs and word of mouth to consumer e-waste disposal behaviour: a test of basic psychological needs theory. **Journal of Consumer Behaviour**, [s. l.],

- [.], v. 18, n. 1, p. 12-24, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/cb.1744>
- GILAL, F. G.; SHAH, S. M. M.; ADEEL, S.; GILAL, R. G.; GILAL, N. G. Consumer e-waste disposal behaviour: A systematic review and research agenda. **International Journal of Consumer Studies**, [s. l.], v. 46, n. 5, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijcs.12767>
- GOLICIC, S. L.; SMITH, C. D. A meta-analysis of environmentally sustainable supply chain management practices and firm performance. **Journal of Supply Chain Management**, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 78-95, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/jscm.12006>
- GOVINDAN, K. Sustainable consumption and production in the food supply chain: A conceptual framework. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 195, p. 419-431, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.003>
- HAZEN, B. T.; MOLLENKOPF, D. A.; WANG, Y. Remanufacturing for the Circular Economy: An Examination of Consumer Switching Behavior. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 451-464, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.1929>
- HUTCHINS, M. J.; SUTHERLAND, J. W. An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 16, n. 15, p. 1688-1698, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.001>
- ISERNIA, R.; PASSARO, R.; QUINTO, I.; THOMAS, A. The reverse supply chain of the e-waste management processes in a circular economy framework: Evidence from Italy. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 8, 2019. DOI: [10.3390/su11082430](https://doi.org/10.3390/su11082430)
- ISLAM, M. T.; HUDA, N. Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 137, p. 48-75, 2018. DOI: [10.1016/j.jclepro.2021.128297](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128297)
- ISLAM, M. T.; HUDA, N. Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions. **Journal of environmental management**, [s. l.], v. 244, p. 344-361, 2019. DOI: [10.1016/j.jenvman.2019.05.062](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.062)
- ISLAM, M. T.; HUDA, N.; ABDULLAH, A. B.; SAIDUR, R. A comprehensive review of state-of-the-art concentrating solar power (CSP) technologies: Current status and research trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 91, p. 987-1018, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.026>
- JABBOUR, C. J. C.; JABBOUR, A. B. L. de S.; SARKIS, J.; GODINHO FILHO, M. Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: an integrative framework and research agenda. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 144, n. 1, p. 546-552, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.010>
- JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. J. C.; CHOI, T. M.; LATAN, H. 'Better together': Evidence on the joint adoption of circular economy and industry 4.0 technologies. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 252, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108581>
- MADAKA, H.; BABBITT, C. W.; RYEN, E. G. Opportunities for reducing the supply chain water footprint of metals used in consumer electronics. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 176, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105926>
- MORALI, O.; SEARCY, C. A Review of Sustainable Supply Chain Management Practices in Canada. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 117, n. 3, p. 635-658, Oct. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-012-1539-4>

- MUKHERJEE, D.; LIM, W. M.; KUMAR, S.; DONTU, N. Guidelines for advancing theory and practice through bibliometric research. **Journal of business research**, [s. l.], v. 148, p. 101-115, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.04.042>
- NAGY, J.; OLÁH, J.; ERDEI, E.; MÁTÉ, D.; POPP, J. The role and impact of industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain-the case of Hungary. **Sustainability**, Switzerland, v.10, n. 10, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10103491>
- NASCIMENTO, D. L. M.; ALENCASTRO, V.; QUELHAS, O. L. G.; CAIADO, R. G. G.; GARZA-REYES, J. A.; ROCHA-LONA, L.; TORTORELLA, G. Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 607-627, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>
- PATWA, N.; SIVARAJAH, U.; SEETHARAMAN, A.; SARKAR, S.; MAITI, K.; HINGORANI, K. Towards a circular economy: An emerging economies context. **Journal of business research**, [s. l.], v. 122, p. 725-735, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.015>
- PRESTON, F. A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. **Energy, Environment and Resource Governance**, [s. l.], 2012.
- RAJPUT, S.; SINGH, S. P. Connecting circular economy and industry 4.0. **International Journal of Information Management**, [s. l.], v. 49, p. 98-113, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.002>
- ROCHA, A. G.; BARRA NETO, A. B.; OLIVEIRA, B. G. de. Waste in the photovoltaic energy chain in Brazil: potential for the circular economy. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, [s. l.], v.18, n. 10, 2024.
- SAGNAK, M.; BERBEROGLU, Y.; MEMIS, İ.; YAZGAN, O. Sustainable collection center location selection in emerging economy for electronic waste with fuzzy Best-Worst and fuzzy TOPSIS. **Waste Management**, [s. l.], v. 127, p. 37-47, 2021. DOI: [10.1016/j.wasman.2021.03.054](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.054)
- SAMPAIO, I. R.; OLIVEIRA, A. M. de; OLIVEIRA, L. N. A. de. Circular economy and waste: a bibliometric analysis of global scientific production. **Concilium**, [s. l.], v. 24, n. 7, 2024
- SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 16, n. 15, p. 1699-1710, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- SHARMA, M.; JOSHI, S.; KUMAR, A. Assessing enablers of e-waste management in circular economy using DEMATEL method: An Indian perspective. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 27, n. 12, p. 13325-13338, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07765-w>
- SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. **Site**. 2021. Disponível em: <https://sinir.gov.br/>. Acesso em: 16 jan. 2024.
- SKELTON, S. K. **Electronic waste excluded from COP26 agenda**. 2021. Disponível em: <https://www.computerweekly.com/news/252508945/Electronic-waste-excluded-from-COP26-agenda>. Acesso em: 9 nov. 2022.
- SOARES, S. V.; PICOLLI, I. R. A.; CASAGRANDE, J. L. Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e ensaio teórico em administração e contabilidade. **Administração: ensino e pesquisa**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 1-19, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.13058/raep.2018.v19n2.970>
- STREIT, J. A. C.; GUARNIERI, P.; BATISTA, L. Estado da arte em Economia Circular de embalagens: o que diz a literatura internacional?

Revista Metropolitana de Sustentabilidade, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 76-100, 2020. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/2299>. Acesso em: 8 mar. 2025.

SWEENEY, E.; GRANT, D. B.; MANGAN, D. J. Strategic adoption of logistics and supply chain management. **International Journal of Operations & Production Management**, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 852-873, 2018. DOI:10.1108/IJOPM-05-2016-0258

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 14, 2003.

VAN ECK, N.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **scientometrics**, [s. l.], v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

WANG, Z.; GUO, D.; WANG, X. Determinants of residents' e-waste recycling behaviour intentions: Evidence from China. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 137, p. 850-860, 20 Nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.155>

WCED. **World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. New York: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2022.

WHEELWRIGHT, S. C.; HAYES, R. H. Competing through manufacturing. **Harvard Business Review**, 1985. Disponível em: <https://hbr.org/1985/01/competing-throughmanufacturing>. Acesso em: 8 nov. 2022.

XAVIER, L. H.; GIESE, E. C.; RIBEIRO-DUTHIE, A. C.; LINS, F. A. F. Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. **Resources**

Policy, [s. l.], v.74, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101467>

YAWAR, S. A.; SEURING, S. Management of Social Issues in Supply Chains: A Literature Review Exploring Social Issues, Actions and Performance Outcomes. **Journal of Business Ethics**, [s. l.], v. 141, n. 3, p. 621-643, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2719-9>

YAZAN, D. M.; YAZDANPANA, V.; FRACCASCIA, L. Learning strategic cooperative behavior in industrial symbiosis: A game-theoretic approach integrated with agent-based simulation. **Business strategy and the environment**, [s. l.], v. 29, n. 5, p. 2078-2091, 2020. DOI: 10.1002/bse.2488

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/109442811456262>.

Submetido: 10 mar. 2025

Aprovado: 15 maio 2025