

ASPECTOS CRÍTICOS DA GESTÃO DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS COM FOCO NA SUSTENTABILIDADE: UMA REVISÃO

CRITICAL ASPECTS OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT FOCUSED ON
SUSTAINABILITY: A REVIEW

CRITICAL ASPECTS OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT FOCUSED ON
SUSTAINABILITY: A REVIEW

Diogo Luiz Faustino¹, Valquíria Miwa Hanai-Yoshida²

DOI: 10.54899/dcs.v22i85.3963

Recibido: 04/11/2025 | Aceptado: 21/11/2025 | Publicación en línea: 04/12/2025.

RESUMO

Este artigo explora os aspectos críticos da gestão da cadeia de suprimentos, com foco na sustentabilidade, e oferece uma revisão abrangente da literatura. As empresas estão cada vez mais alinhando suas expectativas com o desenvolvimento de projetos que envolvem modificações nos processos de fabricação e ajustes na cadeia de suprimentos para aproximar a fonte de produção do ponto de fornecimento do cliente. Tais ações envolvem uma visão holística da gestão estratégica, considerando fatores relevantes para a longevidade dos negócios, como a manutenção e a melhoria da qualidade dos produtos e serviços prestados aos clientes. A gestão dos custos operacionais é fundamental para os resultados das operações, definindo a trajetória das ações com base em indicadores-chave de desempenho. Além disso, a adaptação das operações ao cenário de contribuir para a melhoria do meio ambiente e reduzir os impactos à saúde do planeta é frequentemente discutida. Faz parte das estratégias de grandes empresas. Este artigo visa demonstrar a relevância do tema para a comunidade acadêmica e profissional e orientar o desenvolvimento de um framework de indicadores para uma gestão eficiente das operações. Utilizando uma abordagem cienciométrica, a revisão da literatura revelou uma ampla gama de publicações relevantes, destacando a importância dos indicadores como ferramentas para avaliar e aprimorar o desempenho ambiental, social e econômico das operações.

Palavras-chave: Indicador. Logística. Cadeia de Suprimento. Manufatura. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This article explores the critical aspects of supply chain management, focusing on sustainability, and offering a comprehensive review of the literature. Companies are increasingly aligning their expectations with developing projects that involve modifications in manufacturing processes and adjustments in the supply chain to bring the production source closer to the customer's supply point. Such actions involve a holistic view of strategic management, considering factors relevant

¹ Mestre em Processos Tecnológicos, Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil.

E-mail: diogo.faustino@prof.uniso.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-6013-1882>

² Doutora em Farmacotecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP), Araraquara, São Paulo, Brasil. E-mail: valquiria.yoshida@prof.uniso.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2022-4485>

to the longevity of businesses, such as maintaining and improving the quality of products and services to customers. Managing operational costs is fundamental to the results of operations, defining the trajectory of actions based on key performance indicators. In addition, adapting operations to the scenario of contributing to improving the environment and reducing impacts on the planet's health is frequently discussed. It is part of the strategies of large companies. This article aims to demonstrate the topic's relevance for the academic and professional community and guide the development of a framework of indicators for efficient operations management. Using a scientometric approach, the literature review revealed a wide range of relevant publications, highlighting the importance of indicators as tools to assess and improve operations' environmental, social, and economic performance.

Keywords: Indicator. Logistic. Supply-chain. Manufacturing. Sustainability.

RESUMEN

Este artículo explora los aspectos críticos de la gestión de la cadena de suministro, con un enfoque en la sostenibilidad, y ofrece una revisión exhaustiva de la literatura. Las empresas alinean cada vez más sus expectativas con el desarrollo de proyectos que implican modificaciones en los procesos de fabricación y ajustes en la cadena de suministro para acercar la fuente de producción al punto de suministro del cliente. Estas acciones implican una visión holística de la gestión estratégica, considerando factores relevantes para la longevidad de las empresas, como el mantenimiento y la mejora de la calidad de los productos y servicios a los clientes. La gestión de los costes operativos es fundamental para los resultados operativos, definiendo la trayectoria de las acciones con base en indicadores clave de rendimiento (KPI). Además, la adaptación de las operaciones al escenario de contribuir a la mejora del medio ambiente y reducir el impacto en la salud del planeta es un tema recurrente. Forma parte de las estrategias de las grandes empresas. Este artículo busca demostrar la relevancia del tema para la comunidad académica y profesional y guiar el desarrollo de un marco de indicadores para una gestión operativa eficiente. Mediante un enfoque cuantitativo, la revisión bibliográfica reveló una amplia gama de publicaciones relevantes, destacando la importancia de los indicadores como herramientas para evaluar y mejorar el rendimiento ambiental, social y económico de las operaciones.

Palabras clave: Indicador. Logística. Cadena de Suministro. Fabricación. Sostenibilidad.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A gestão de cadeias de suprimentos tem se tornado um campo de estudo cada vez mais complexo e essencial para a competitividade das organizações no cenário global. Com o avanço das preocupações ambientais e sociais, a sustentabilidade emergiu como um imperativo estratégico, exigindo uma reavaliação profunda das práticas tradicionais de gestão. Este artigo

visa explorar os aspectos críticos da gestão de cadeias de suprimentos com foco na sustentabilidade, oferecendo uma revisão abrangente da literatura existente e destacando as principais tendências, desafios e oportunidades.

A sustentabilidade na cadeia de suprimentos envolve a integração de práticas que minimizam os impactos ambientais e sociais negativos, ao mesmo tempo em que promovem a eficiência econômica. A literatura aponta para a necessidade de uma base teórica robusta, que não apenas sustente os conceitos fundamentais, mas também ofereça abordagens metodológicas práticas. Estudos recentes, como os de Colares-Santos *et al.* (2022) e Melo Junior, Santos e Silva (2024), têm contribuído para a compreensão das dinâmicas envolvidas na transição para práticas mais sustentáveis, destacando a importância da inovação e da adaptação contínua.

A seleção criteriosa de fontes e a diversidade metodológica são essenciais para uma análise abrangente. Trabalhos que abordam a logística verde, a economia circular e os indicadores *Environmental, Social, and Governance* (ESG) fornecem subsídios valiosos para a discussão. Por exemplo, o estudo de Sousa e Moraes (2021) combina revisão conceitual com análise prática, oferecendo insights sobre como as empresas internalizam a gestão ambiental em suas operações.

Além disso, a cienciometria tem se mostrado uma ferramenta poderosa para mapear a produção científica e identificar lacunas temáticas. A análise quantitativa da literatura permite compreender a evolução das pesquisas e os principais focos de interesse, como evidenciado por Silva e Martins (2022). Essa abordagem não apenas fortalece a base teórica, mas também orienta futuras pesquisas ao destacar áreas que necessitam de maior investigação.

A gestão sustentável das cadeias de suprimentos não é apenas uma questão de conformidade regulatória, mas uma estratégia competitiva que pode levar a ganhos significativos em eficiência e reputação. A integração de tecnologias emergentes, como big data e inteligência artificial, facilita a identificação de gargalos e a otimização dos fluxos logísticos, conforme discutido por Wang *et al.* (2025). A adoção de uma mentalidade gerencial voltada para a digitalização e automação dos processos, sem perder de vista os pilares da sustentabilidade, é decisivo para o sucesso das operações no contexto da Indústria 4.0.

O entendimento dos aspectos críticos da gestão de cadeias de suprimentos sustentáveis, por meio de uma revisão detalhada da literatura e a proposta de diretrizes para a implementação de práticas mais responsáveis e eficazes, foram objetos deste estudo. Ao explorar as interseções entre teoria e prática, o trabalho fornece uma base sólida para pesquisadores e gestores que buscam alinhar suas operações aos princípios da sustentabilidade.

METODOLOGIA

Uma revisão de literatura, por meio de um método cienciométrico, foi realizada na base Web of Science - Coleção Principal (Clarivate Analytics) utilizando o termo de busca "indicator* (All Fields) and logistic* (All Fields) and supply-chain (All Fields) and manufacturing (All Fields) and sustainability (All Fields)". A ferramenta de software VOSviewer (CWTS, 2023) foi empregada para a construção e visualização de redes bibliométricas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão da literatura, por meio do método adotado pelos autores, revelou uma ampla gama de publicações relevantes no campo da logística de cadeia de suprimentos sustentável (Quadro 1). Essa abordagem permitiu a identificação e análise de artigos acadêmicos que abordam aspectos críticos da gestão de cadeias de suprimentos com foco na sustentabilidade, destacando a importância dos indicadores como ferramentas para avaliar e melhorar o desempenho ambiental, social e econômico das operações.

O objetivo da revisão da literatura foi identificar indicadores de uma boa gestão de operações com foco em manufatura e cadeia de suprimentos. A busca, utilizando descritores termos de busca específicos, resultou em um conjunto inicial de artigos, dos quais foram identificados 39 artigos, além de quatro artigos de anais e quatro artigos de revisão. Para garantir a qualidade e relevância dos dados analisados, optou-se por excluir os artigos de anais (i.e., NOT Document Types: Proceeding Paper), resultando em um total de 43 publicações selecionadas para a revisão da literatura, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Quadro com as 43 publicações de relatórios de citação em 07/04/2024

Publicação	Citações											Total
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Média annual	
Jia <i>et al.</i> (2020)	0	0	0	0	0	14	58	84	82	15	50,6	253
Chen <i>et al.</i> (2020)	0	0	0	0	0	7	29	39	26	8	21,8	109
Sharma <i>et al.</i> (2021)	0	0	0	0	0	1	29	39	31	8	21,6	108
Wu <i>et al.</i> (2015)	4	14	14	16	10	13	14	12	7	0	10,4	104
Li & Mathiyazhagan (2018)	0	0	0	7	24	20	17	19	14	2	14,71	103

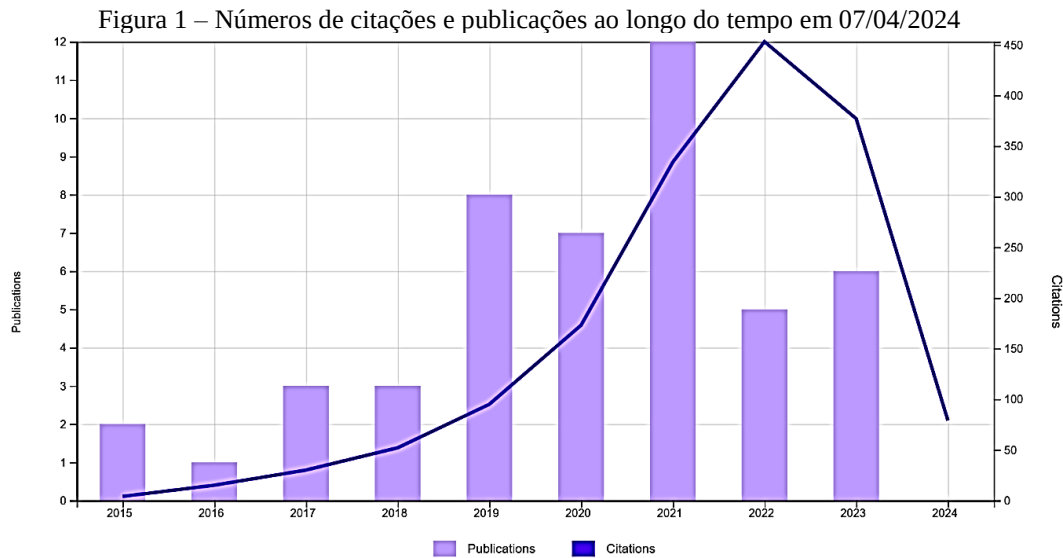
Publicação	Citações											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Média annual	Total
Banasik <i>et al.</i> (2018)	0	0	1	4	13	16	18	9	13	3	11	77
Stindt (2017)	0	0	3	7	14	12	21	11	8	1	9,63	77
Sureeyatanapas <i>et al.</i> (2018)	0	0	0	1	9	19	14	13	20	0	10,86	76
(S. A. R. Khan <i>et al.</i> , 2021)						0	4	52	17	0	18,25	73
Darbari <i>et al.</i> (2019)	0	0	0	0	8	16	20	14	9	3	11,67	70
Rinaldi <i>et al.</i> (2021)						0	12	17	20	6	13,75	55
Govindan <i>et al.</i> (2016)	0	1	7	7	9	10	11	2	6	2	6,11	55
Park & Kremer (2017)	0	0	4	4	5	7	13	8	6	2	6,13	49
Abdella <i>et al.</i> (2020)						4	15	14	9	2	8,8	44
Liu <i>et al.</i> (2017)	0	0	1	6	1	4	11	8	4	1	4,5	36
Nouiri <i>et al.</i> (2020)	0	0	0	0	1	6	7	8	5	1	4,67	28
Cai <i>et al.</i> (2020)	0	0	0	0	0	6	11	7	2	0	5,2	26
Zhou <i>et al.</i> (2019)	0	0	0	0	0	5	5	8	6	1	4,17	25
Gunduz <i>et al.</i> (2021)	0	0	0	0	0	0	0	7	13	3	5,75	23
Sangwan <i>et al.</i> (2019)	0	0	0	0	0	3	5	10	4	1	3,83	23
Saraji & Streimikiene (2022)	0	0	0	0	0	0	0	2	14	4	6,67	20
Segura <i>et al.</i> (2019)	0	0	0	0	0	5	3	3	4	1	2,67	16
Das & Jharkharia (2019)	0	0	0	0	1	2	5	3	3	1	2,5	15
Agarwal <i>et al.</i> (2023)	0	0	0	0	0	0	1	6	7	0	3,5	14
Zhang & Liu (2021)	0	0	0	0	0	0	0	9	4	0	3,25	13
Moktadir <i>et al.</i> (2021)	0	0	0	0	0	0	2	5	6	0	3,25	13
Pozo <i>et al.</i> (2019)	0	0	0	0	0	2	2	5	4	0	2,17	13
(Costa <i>et al.</i> , 2022)	0	0	0	0	0	1	4	5	2	0	2,4	12
Shabir <i>et al.</i> (2023)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	4,5	9
Ososanmi <i>et al.</i> (2022)	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	2,25	9
Carral <i>et al.</i> (2021)	0	0	0	0	0	0	1	5	2	1	2,25	9
(Agarwal <i>et al.</i> , 2022)	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	2	8

Publicação	Citações											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Média annual	Total
Rehman Khan <i>et al.</i> (2022)	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	2,33	7
He & Xiong (2023)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2,5	5
Arian <i>et al.</i> (2021)	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1,25	5
Panpatil <i>et al.</i> (2023)	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1,33	4
Amouei <i>et al.</i> (2023)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
Samadhiya <i>et al.</i> (2023)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
(Chhabra & Kr Singh, 2022)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,67	2
M. Khan <i>et al.</i> (2021)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,5	2
Munmun <i>et al.</i> (2023)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	1
Moura (2022)						0	0	0	1	0	0,33	1
Subulan & Baykasoglu (2023)						0	0	0	0	0	0	0
Total	4	15	30	52	95	173	332	444	373	78	159,6	1.596

Fonte: Transcrito do analizador de resultados da Web of Science™

A seleção de artigos que foram incluídos na revisão da literatura foi fundamental para garantir a integridade e a confiabilidade da análise. A exclusão dos artigos de anais visou assegurar que apenas publicações mais consolidadas e revisadas por pares sejam consideradas, proporcionando uma base sólida para a revisão e análise dos dados disponíveis na literatura acadêmica.

A análise dos dados revelou informações interessantes sobre a pesquisa acadêmica relacionada a indicadores logísticos na cadeia de suprimentos e sustentabilidade. Primeiramente, observou-se um aumento constante no número de publicações ao longo dos anos, sugerindo um crescente interesse nessa área de estudo (Figura 1).



Ao examinar a temporalidade das citações dos artigos selecionados (Figura 1), foi possível observar um padrão interessante: alguns artigos continuam recebendo citações ao longo do tempo, mesmo após vários anos desde sua publicação inicial. Esse fenômeno sugere que esses artigos são considerados de relevância contínua e um impacto duradouro no campo de estudo dos indicadores logísticos na cadeia de suprimentos e sustentabilidade. Essa capacidade de manter sua influência ao longo do tempo destaca a importância dada e a essas contribuições para a literatura acadêmica. Macedo e Pagano (2011, p. 269) salientaram que, de uma forma ou de outra, a prática de citação será orientada pela percepção do consenso na comunidade científica, de modo que o autor do texto demonstre erudição e familiaridade com essa comunidade e sua área de estudo.

No entanto, é importante ressaltar que a média anual de citações varia consideravelmente entre os diferentes artigos. Essa variação pode refletir diferenças na qualidade, originalidade e impacto dos artigos, bem como na natureza e na evolução do próprio campo de pesquisa.

Além disso, ao analisar a diversidade de autores e instituições envolvidas na pesquisa, observou-se uma contribuição global para o campo de estudo. Essa diversidade sugeriu uma abordagem colaborativa e interdisciplinar na investigação dos indicadores logísticos e sua relação com a sustentabilidade na cadeia de suprimentos.

Entre essas categorias temáticas das 43 publicações selecionadas da *Web of Science Core Collection*, destacam-se as Ciências Ambientais, Ciência e Tecnologia Sustentáveis Verdes, Engenharia Ambiental e Gestão, com 16, 11, 9 e 9 publicações, respectivamente.

A predominância dessas categorias indica um forte foco na interseção entre sustentabilidade, meio ambiente e ciência/tecnologia na maioria das pesquisas examinadas. Esse direcionamento temático reflete a crescente importância atribuída à integração de práticas sustentáveis e ambientalmente conscientes na cadeia de suprimentos e nas operações logísticas. A ênfase nessas áreas demonstra um reconhecimento generalizado dos desafios ambientais enfrentados pela indústria e o interesse em desenvolver soluções inovadoras e eficazes para abordá-los.

A presença significativa de categorias como Gestão, Pesquisa Operacional e Engenharia Industrial sugere uma abordagem multidisciplinar na pesquisa sobre indicadores logísticos na cadeia de suprimentos e sustentabilidade. Essa diversidade de categorias temáticas reflete a complexidade e a interconexão dos diversos aspectos envolvidos na gestão da cadeia de suprimentos e na implementação de práticas sustentáveis.

Além disso, é interessante observar que áreas relacionadas à gestão, como Gerenciamento de Operações e Gerenciamento, também têm uma presença significativa, com nove (9) publicações cada. Isso indica uma preocupação com a gestão eficaz e sustentável das cadeias de suprimentos e operações industriais, além de enfatizar a importância da integração de práticas sustentáveis na gestão empresarial.

Por outro lado, algumas categorias têm uma representação menos expressiva, como Economia, Energia e Telecomunicações, com apenas uma publicação cada. Embora essas áreas possam desempenhar um papel importante na compreensão dos aspectos econômicos, energéticos e tecnológicos das cadeias de suprimentos sustentáveis, a baixa representação sugere que esses temas podem não ter sido explorados extensivamente na pesquisa examinada.

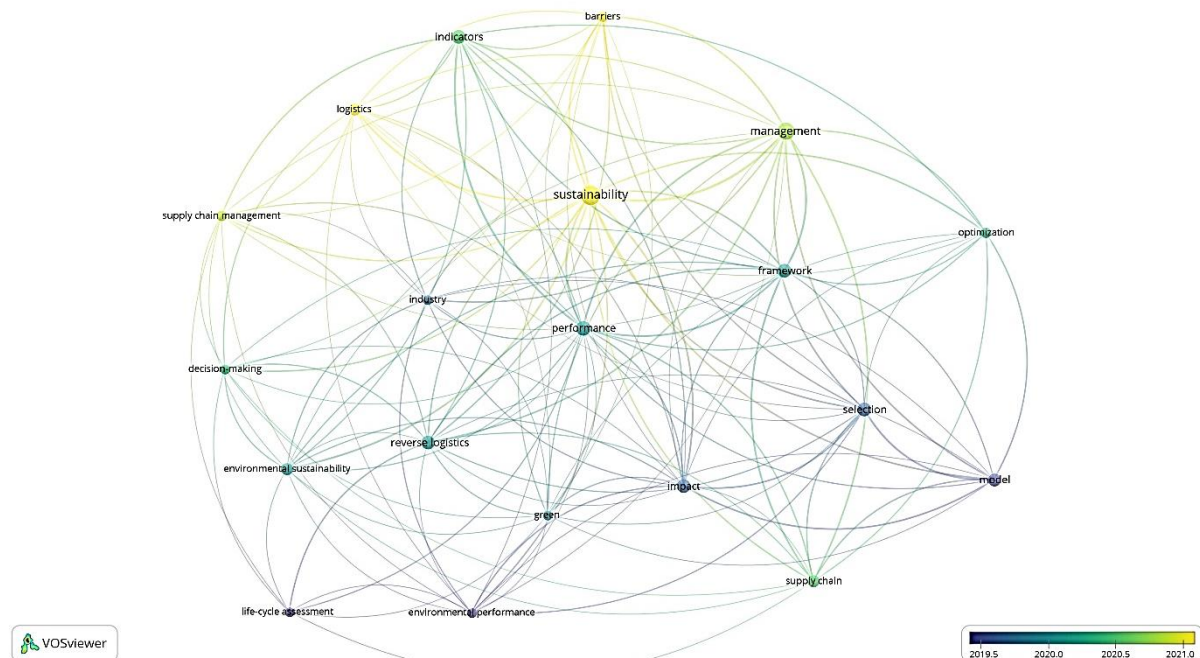
No geral, a distribuição das publicações em uma ampla gama de categorias temáticas destaca a natureza multidisciplinar e interdisciplinar da pesquisa sobre indicadores logísticos na cadeia de suprimentos e sustentabilidade. Isso sugere que uma abordagem holística e integrada é essencial para abordar os desafios complexos e interconectados relacionados à sustentabilidade na gestão da cadeia de suprimentos.

O software VOSviewer (CWTS, 2023) forneceu *insights* valiosos sobre os padrões de coautoria, colaboração institucional e temas de pesquisa emergentes nesse campo. A Figura 2, uma visualização de sobreposição do mapa de co-ocorrência de palavras-chave gerado pelo VOSviewer, é uma ferramenta valiosa para identificar clusters de pesquisa e padrões emergentes na literatura.

Os *clusters* identificados (Figura 2) fornecem insights sobre os principais temas e áreas de interesse na pesquisa sobre indicadores logísticos na cadeia de suprimentos e sustentabilidade. Os três clusters identificados abrangem uma variedade de tópicos, incluindo tomada de decisão, desempenho ambiental, sustentabilidade, gestão da cadeia de suprimentos e barreiras. Isso sugere uma ampla gama de preocupações e abordagens na pesquisa da área.

No entanto, é importante ressaltar que a interpretação dos resultados do VOSviewer deve ser complementada por uma análise mais detalhada dos artigos individuais e de seus conteúdos para obter uma compreensão mais ampla e precisa dos temas e tendências na literatura.

Figura 2 – Visualização de sobreposição do VOSviewer do mapa de co-ocorrência das palavras-chave com base em dados bibliográficos em 07/04/2024



Fonte: Gerado no software VOSviewer™

Por fim, no Quadro 2 é apresentada uma síntese dos itens (artigos selecionados) agrupados em cada *cluster* identificado pelo VOSviewer, destacando as palavras-chave mais frequentes e o número de itens associados a cada cluster. Essa tabela fornece uma visão resumida dos temas abordados em cada *cluster*, permitindo uma compreensão rápida dos principais focos de pesquisa identificados pela análise bibliométrica.

Quadro 2 – Palavras-chave, dos artigos selecionados (itens), agrupadas em *cluster*

Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Palavras-chave	decision-making environmental	framework management	barriers indicators

	performance environmental sustainability green impact life-cycle assessment reverse logistics	model optimization selection supply chain	supply chain management sustainability
Nº de itens	8	6	6

Fonte: Gerado no software VOSviewer™

Os resultados da busca revelaram uma crescente preocupação com a integração da sustentabilidade nas práticas de gestão de cadeias de suprimentos, com um foco particular na medição e avaliação do desempenho por meio de indicadores. Esses indicadores desempenham um papel crucial na identificação de áreas de melhoria, monitoramento de progresso e comunicação de resultados para partes interessadas internas e externas.

A análise das redes bibliométricas, geradas no VOSviewer, evidenciou os principais pesquisadores, instituições e países envolvidos nesse campo, bem como os principais temas de pesquisa e áreas de interesse. Essa análise proporcionou uma visão panorâmica da colaboração global e das interconexões entre os diferentes tópicos de pesquisa, permitindo a identificação de oportunidades para colaboração e desenvolvimento de pesquisa interdisciplinar.

Em se tratando do tema logística, Sureeyatanapas *et al.* (2018) investigaram fatores antecedentes e contribuições das iniciativas verdes para provedores de serviços logísticos; e destacaram como práticas sustentáveis podem ajudar a alcançar objetivos corporativos. Chhabra & Singh (2022), analisaram barreiras para a logística verde no contexto da Economia Circular e Indústria 4.0 na indústria de manufatura indiana; e identificaram desafios e oportunidades para integrar práticas sustentáveis na logística.

Na revisão sistemática de Jia *et al.* (2020) foi destacada a importância da logística reversa (RL) na economia circular, onde produtos usados são retornados aos fabricantes para reutilização, remanufatura ou reciclagem. Isso maximizaria o uso de recursos e reduziria a necessidade de matérias-primas novas (Lippman, 2001; Tsoufas & Pappis, 2006). No entanto, a implementação de RL enfrenta barreiras como falta de infraestrutura adequada, sistemas de rastreamento e apoio de fornecedores e distribuidores (Jack *et al.*, 2010; Ülgen & Forslund, 2015).

Quando o tema é cadeia de suprimentos, Banasik *et al.* (2018) revisaram abordagens de tomada de decisão multicritério para cadeias de suprimentos verdes, oferecendo uma visão abrangente sobre métodos para melhorar a sustentabilidade. Enquanto, Govindan *et al.* (2016) estudaram o impacto da recuperação de produtos e indicadores de sustentabilidade na seleção de

localização de instalações de manufatura, destacando a importância de práticas sustentáveis na cadeia de suprimentos. Ainda, Wu *et al.* (2015) exploraram fatores decisivos nas práticas de cadeia de suprimentos verdes sob incerteza, fornecendo insights sobre como gerenciar riscos e melhorar a sustentabilidade.

A integração de práticas sustentáveis na cadeia de suprimentos é essencial para a economia circular (Jia *et al.*, 2020). Isso envolve colaboração entre empresas, fornecedores e clientes para garantir a sustentabilidade dos produtos e processos (Savaskan *et al.*, 2004; Svensson, 2007).

Van Wassenhove & Guide (2009) definiram cadeias de suprimentos fechadas como sistemas que maximizam a criação de valor ao longo do ciclo de vida do produto, com recuperação dinâmica de valor. Isso inclui práticas como reciclagem, reutilização e remanufatura (Jia *et al.*, 2020).

O design de produtos é fundamental para a economia circular. Produtos devem ser projetados para serem duráveis, recicláveis e ambientalmente compatíveis (Jia *et al.*, 2020). Isso inclui o uso de materiais não tóxicos e processos de fabricação sustentáveis (McDonough, 2002; Tsoulfas & Pappis, 2006).

Empresas de manufatura devem incorporar práticas de prevenção da poluição, colaborando com fornecedores que atendam a critérios ecológicos e minimizando o desperdício na cadeia de suprimentos (Alkaya & Demirer, 2014; Angelis-Dimakis *et al.*, 2016; Jia *et al.*, 2020).

Rinaldi *et al.* (2021) investigaram os efeitos da manufatura aditiva e tradicional em cadeias de suprimentos verdes, discutindo como diferentes tecnologias podem impactar a sustentabilidade. Sharma *et al.* (2021) discutiram sobre a manufatura sustentável e a Indústria 4.0, destacando o que se sabe e o que ainda precisa ser explorado para integrar práticas sustentáveis na manufatura. Samadhiya *et al.* (2023) averiguaram a influência de fatores chave de sucesso da manutenção produtiva total na dimensão de sustentabilidade social de PMEs de manufatura, mostrando a importância da manutenção para a sustentabilidade.

A economia circular visa reduzir o desperdício e promover a reutilização de recursos. Isso é alcançado através de práticas como redesign, redução, reutilização, reciclagem, remanufatura e reparo (6R) (Ghisellini *et al.*, 2016; Jia *et al.*, 2020).

A avaliação do desempenho sustentável inclui indicadores como redução de emissões de gases, consumo de materiais perigosos e custos de tratamento de resíduos. A implementação de

práticas de economia circular pode melhorar tanto o desempenho ambiental quanto o econômico das empresas (Alkaya & Demirer, 2014; Jia *et al.*, 2020; Matos & Hall, 2007).

A sustentabilidade foi tema para Abdella *et al.* (2020), que avaliaram a sustentabilidade do consumo de alimentos usando técnicas de aprendizado de máquina supervisionado, oferecendo um modelo para medir e melhorar práticas sustentáveis; Agarwal *et al.* (2022), que discutiram medidas restaurativas para mitigar os efeitos da pandemia de COVID-19 através de habilitadores da economia circular para uma cadeia de suprimentos sustentável e resiliente; e Costa *et al.* (2022), que realizaram benchmarking de sustentabilidade para avaliar práticas e desempenhos na gestão do ciclo de vida de produtos eletrônicos em empresas de manufatura brasileiras, destacando a importância da sustentabilidade na manufatura.

Os indicadores críticos ou relevantes para a gestão sustentável de cadeias de suprimentos (Quadro 33), conforme identificado na revisão da literatura, incluem os:

- (i) Indicadores Ambientais, tais como, a “emissões de gases de efeito estufa” (GEE) que medem a quantidade de emissões de CO₂ e outros gases poluentes gerados pelas operações; o “consumo de energia” que avaliam a eficiência energética das operações e o uso de fontes de energia renováveis; o “uso de materiais perigosos” que monitoram a quantidade e o tipo de materiais perigosos utilizados e descartados; e a “gestão de resíduos” que medem a quantidade de resíduos gerados e a eficácia das práticas de reciclagem e reutilização.
- (ii) Indicadores Sociais, como, as “condições de trabalho” que avaliam a segurança, saúde e bem-estar dos trabalhadores na cadeia de suprimentos; o “engajamento comunitário” que medem o impacto das operações nas comunidades locais e as iniciativas de responsabilidade social corporativa; a “diversidade e inclusão” que monitoram a diversidade de gênero, raça e outras características demográficas na força de trabalho.
- (iii) Indicadores Econômicos, tais como o “custo operacional” que avalia a eficiência dos custos nas operações, incluindo custos de produção, transporte e armazenamento; a “eficiência logística” que mede a eficácia das operações logísticas, incluindo tempos de entrega, precisão de pedidos e gestão de estoques; e o “retorno sobre investimento” que avalia a rentabilidade das iniciativas sustentáveis e o impacto financeiro das práticas de sustentabilidade.
- (iv) Indicadores de Governança, tais como, a “conformidade regulatória” que monitora a adesão às Leis e regulamentos ambientais e sociais; a “transparência e os relatórios” que

avaliam a qualidade e a frequência dos relatórios de sustentabilidade e a transparência das operações; e a “gestão de riscos” que mede a capacidade de identificar, avaliar e mitigar riscos ambientais e sociais.

Quadro 3 – Relação dos indicadores críticos para a gestão sustentável de cadeias de suprimentos

Categoria do indicador	Indicador crítico	Parâmetro avaliado
Indicador ambiental	Emissões de gases de efeito estufa	Quantidade de emissões de CO ₂ e outros gases poluentes
	Consumo de energia	Eficiência energética das operações e energias renováveis
	Materiais perigosos	Quantidade e tipo de materiais perigosos utilizados e descartados
	Gestão de resíduos	Quantidade de resíduos gerados e a eficácia das práticas de reciclagem e reutilização
Indicador social	Condições de trabalho	Segurança, saúde e bem-estar dos trabalhadores na cadeia de suprimentos
	Engajamento comunitário	Impacto das operações nas comunidades locais e as iniciativas de responsabilidade social corporativa
	Diversidade e inclusão	Diversidade de gênero, raça e outras características demográficas na força de trabalho
Indicador econômico	Custo operacional	Eficiência dos custos nas operações, incluindo custos de produção, transporte e armazenamento
	Eficiência logística	Eficácia das operações logísticas, incluindo tempos de entrega, precisão de pedidos e gestão de estoques
	Retorno sobre investimento	Rentabilidade das iniciativas sustentáveis e o impacto financeiro das práticas de sustentabilidade
Indicador de governança	Conformidade regulatória	Adesão às Leis e regulamentos ambientais e sociais
	Transparência e relatórios	Qualidade e a frequência dos relatórios de sustentabilidade e a transparência das operações
	Gestão de riscos	Capacidade de identificar, avaliar e mitigar riscos ambientais e sociais

Fonte: Autoria própria.

Os indicadores críticos são valiosos para avaliar e melhorar o desempenho ambiental, social e econômico das cadeias de suprimentos, contribuindo para a sustentabilidade global. Eles possibilitam as empresas monitorarem seu progresso, identificarem áreas de melhoria e comunicarem seus resultados para as partes interessadas, internas e externas.

A análise bibliométrica permitiu identificar tendências, padrões e lacunas de pesquisa, fornecendo uma visão abrangente do estado atual e das direções futuras da pesquisa em logística de cadeia de suprimentos sustentável.

CONCLUSÃO

A análise das 43 publicações selecionadas destacou tendências, padrões e lacunas na pesquisa sobre sustentabilidade na logística e cadeia de suprimentos. A relevância do tema é

evidente, dado o crescente interesse e a necessidade de integrar práticas sustentáveis nas operações industriais. Os indicadores ambientais, sociais, econômicos e de governança identificados — denominados indicadores críticos —, quando utilizados conjuntamente, possibilitam avaliar e evidenciar possíveis melhorias no desempenho ambiental, social e econômico das cadeias de suprimentos, contribuindo para a sustentabilidade global. As hipóteses sobre a importância dos indicadores e sua relação com a sustentabilidade foram confirmadas, mostrando que uma abordagem baseada em indicadores vem ao encontro da melhoria contínua das práticas de gestão. Para trabalhos futuros, a equipe pretende investigar indicadores emergentes, a aplicação de metodologias avançadas de análise de dados e a exploração de práticas sustentáveis em diferentes contextos industriais. Estudos empíricos que validem os indicadores identificados e suas aplicações práticas podem fornecer *insights* valiosos para a implementação de estratégias sustentáveis na cadeia de suprimentos.

REFERÊNCIAS

- Abdella, G. M., Kucukvar, M., Onat, N. C., Al-Yafay, H. M., & Bulak, M. E. (2020). Sustainability assessment and modeling based on supervised machine learning techniques: The case for food consumption. *Journal of Cleaner Production*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119661>
- Agarwal, S., Tyagi, M., & Garg, R. K. (2022). Restorative measures to diminish the covid-19 pandemic effects through circular economy enablers for sustainable and resilient supply chain. *Journal of Asia Business Studies*, 16(3), 538–567. <https://doi.org/10.1108/JABS-05-2021-0217>
- Agarwal, S., Tyagi, M., & Garg, R. K. (2023). Conception of circular economy obstacles in context of supply chain: a case of rubber industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 72(4), 1111–1153. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0686>
- Alkaya, E., & Demirer, G. N. (2014). Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 65, 595–603. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.008>
- Amouei, M. A., Valmohammadi, C., & Fathi, K. (2023). Developing and validating an instrument to measure the impact of digital supply chain activities on sustainable performance. *Journal of Enterprise Information Management*, 36(4), 925–951. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2021-0520>
- Angelis-Dimakis, A., Alexandratou, A., & Balzarini, A. (2016). Value chain upgrading in a textile dyeing industry. *Journal of Cleaner Production*, 138, 237–247. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.137>
- Arian, N. H., Pooya, A., Rahimnia, F., & Sibevei, A. (2021). Assessment the effect of rapid prototyping implementation on supply chain sustainability: a system dynamics approach.

Operations Management Research, 14(3–4), 467–493. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00228-6>

Banasik, A., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Kanellopoulos, A., Claassen, G. D. H., & van der Vorst, J. G. A. J. (2018). Multi-criteria decision making approaches for green supply chains: a review. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 30(3), 366–396. <https://doi.org/10.1007/s10696-016-9263-5>

Cai, W., Liu, C. H., Jia, S., Chan, F. T. S., Ma, M. D., & Ma, X. (2020). An emergy-based sustainability evaluation method for outsourcing machining resources. *Journal of Cleaner Production*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118849>

Carral, L., Barros, J. J. C., Fidalgo, H. C., Fabal, C. C., & Doce, A. M. (2021). Greenhouse Gas Emissions and Energy Consumption of Coastal Ecosystem Enhancement Programme through Sustainable Artificial Reefs in Galicia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph18041909>

Chen, S. E., Brahma, S., Mackay, J., Cao, C. Y., & Aliakbarian, B. (2020). The role of smart packaging system in food supply chain. *Journal of Food Science*, 85(3), 517–525. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15046>

Chhabra, D., & Kr Singh, R. (2022). Analyzing barriers to green logistics in context of Circular Economy and Industry 4.0 in the Indian manufacturing industry. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2022.2134847>

Colares-Santos, L., Moreira, S. A., Potensa, M. dos S., Maymi, K.-C. E., & Rodrigues, V. C. (2022). Logística verde. *Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)*, 6(1). <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/16982>

Costa, L. G., Ferreira, J. C. E., Kumar, V., & Garza-Reyes, J. A. (2022). Benchmarking of sustainability to assess practices and performances of the management of the end of life cycle of electronic products: a study of Brazilian manufacturing companies. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(4), 1173–1189. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01947-3>

Darbari, J. D., Kannan, D., Agarwal, V., & Jha, P. C. (2019). Fuzzy criteria programming approach for optimising the TBL performance of closed loop supply chain network design problem. *Annals of Operations Research*, 273(1–2), 693–738. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2701-2>

Das, C., & Jharkharia, S. (2019). Effects of low carbon supply chain practices on environmental sustainability. *South Asian Journal of Business Studies*, 8(1), 2–25. <https://doi.org/10.1108/SAJBS-04-2018-0037>

Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

Govindan, K., Garg, K., Gupta, S., & Jha, P. C. (2016). Effect of product recovery and sustainability enhancing indicators on the location selection of manufacturing facility. *Ecological Indicators*, 67, 517–532. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.035>

- Guide, V. D. R., & Van Wassenhove, L. N. (2009). OR FORUM—The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. *Operations Research*, 57(1), 10–18. <https://doi.org/10.1287/opre.1080.0628>
- Gunduz, M. A., Demir, S., & Paksoy, T. (2021). Matching functions of supply chain management with smart and sustainable Tools: A novel hybrid BWM-QFD based method. *Computers & Industrial Engineering*, 162, 107676. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107676>
- He, Z., & Xiong, Z. (2023). Research on Pattern Matching of Dynamic Sustainable Procurement Decision-Making for Agricultural Machinery Equipment Parts. *IEEE Access*, 11, 1–17. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232124>
- Jack, E. P., Powers, T. L., & Skinner, L. (2010). Reverse logistics capabilities: antecedents and cost savings. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(3), 228–246. <https://doi.org/10.1108/09600031011035100>
- Jia, F., Yin, S. Y., Chen, L. J., & Chen, X. W. (2020). The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120728>
- Khan, M., Ajmal, M. M., Gunasekaran, A., AlMarzouqi, A. H., & AlNuaimi, B. K. (2021). Measures of greenness: An empirical study in service supply chains in the UAE. *International Journal of Production Economics*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108257>
- Khan, S. A. R., Yu, Z., & Sharif, A. (2021). No Silver Bullet for De-carbonization: Preparing for Tomorrow, Today. *Resources Policy*, 71, 101942. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101942>
- Li, Y. B., & Mathiyazhagan, K. (2018). Application of DEMATEL approach to identify the influential indicators towards sustainable supply chain adoption in the auto components manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2931–2941. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.120>
- Lippman, S. (2001). Supply Chain Environmental Management. *Environmental Quality Management*, 11(2), 11–14. <https://doi.org/10.1002/tqem.1301>
- Liu, W. H., Bai, E. Z., Liu, L. W., & Wei, W. Y. (2017). A Framework of Sustainable Service Supply Chain Management: A Literature Review and Research Agenda. *Sustainability*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/su9030421>
- Macedo, T. S., & Pagano, A. S. (2011). Análise de citações em textos acadêmicos escritos. *DELTA: Documentação de Estudos Em Lingüística Teórica e Aplicada*, 27(2), 257–288. <https://doi.org/10.1590/S0102-44502011000200004>
- Matos, S., & Hall, J. (2007). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology. *Journal of Operations Management*, 25(6), 1083–1102. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.013>
- McDonough, W. (2002). Design for the Triple Top Line: New Tools for Sustainable Commerce. *Corporate Environmental Strategy*, 9(3), 251–258. <https://doi.org/10.1016/S1066->

7938(02)00069-6

Moktadir, Md. A., Mahmud, Y., Banaitis, A., Sarder, T., & Khan, M. R. (2021). Key Performance Indicators for Adopting Sustainability Practices in Footwear Supply Chains. *E&M Ekonomie a Management*, 24(1), 197–213. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2021-1-013>

Moura, D. A. (2022). Analysis of industry 4.0 and their impact on port environmental management. *Independent Journal of Management & Production*, 13(5), 1168–1190. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v13i5.1658>

Munmun, S. A., Moktadir, M. A., Tiwari, S., Abedin, M. Z., & Jabbour, C. J. C. (2023). Investigation of key performance indicators for performance management of the manufacturing industry in the era of the COVID-19 pandemic. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05717-4>

Nouri, M., Bekrar, A., & Trentesaux, D. (2020). An energy-efficient scheduling and rescheduling method for production and logistics systems. *International Journal of Production Research*, 58(11), 3263–3283. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660826>

Ososanmi, A. O., Ojo, L. D., Ogundimu, O. E., & Oke, A. E. (2022). Drivers of green supply chain management: a close-up study. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(10), 14705–14718. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16638-9>

Panpatil, S. S., Prajapati, H., & Kant, R. (2023). Effect of Green Supply Chain Practices on Sustainable Performance Indicators: a Fuzzy MADM Approach. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 7(3), 475–488. <https://doi.org/10.1007/s41660-022-00260-4>

Park, K., & Kremer, G. E. O. (2017). Text mining-based categorization and user perspective analysis of environmental sustainability indicators for manufacturing and service systems. *Ecological Indicators*, 72, 803–820. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.027>

Pozo, H., Akabane, G. K., & Tachizava, T. (2019). Innovation and technology processes in micro and small business. *Cogent Business & Management*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2019.1588088>

Rehman Khan, S. A., Hassan, S., Khan, M. A., Khan, M. R., Godil, D. I., & Tanveer, M. (2022). Nexuses Between Energy Efficiency, Renewable Energy Consumption, Foreign Direct Investment, Energy Consumption, Global Trade, Logistics and Manufacturing Industries of Emerging Economies: In the Era of COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.880200>

Rinaldi, M., Caterino, M., Fera, M., Manco, P., & Macchiaroli, R. (2021). Technology selection in green supply chains - the effects of additive and traditional manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 282. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124554>

Samadhiya, A., Agrawal, R., & Garza-Reyes, J. A. (2023). Investigating the influence of total productive maintenance key success factors on the social sustainability dimension of manufacturing SMEs. *Benchmarking-An International Journal*, 30(10), 4651–4680. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2022-0287>

- Sangwan, K. S., Bhakar, V., & Digalwar, A. K. (2019). A sustainability assessment framework for cement industry - a case study. *Benchmarking-An International Journal*, 26(2), 470–497. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2018-0021>
- Saraji, M. K., & Streimikiene, D. (2022). Evaluating the circular supply chain adoption in manufacturing sectors: A picture fuzzy approach. *Technology in Society*, 70, 102050. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102050>
- Savaskan, R. C., Bhattacharya, S., & Van Wassenhove, L. N. (2004). Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing. *Management Science*, 50(2), 239–252. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1030.0186>
- Segura, M., Maroto, C., & Segura, B. (2019). Quantifying the Sustainability of Products and Suppliers in Food Distribution Companies. *Sustainability*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/su11215875>
- Shabir, I., Dash, K. K., Dar, A. H., Pandey, V. K., Fayaz, U., Srivastava, S., & R, N. (2023). Carbon footprints evaluation for sustainable food processing system development: A comprehensive review. *Future Foods*, 7, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100215>
- Sharma, R., Jabbour, C. J. C., & Lopes de Sousa Jabbour, A. B. (2021). Sustainable manufacturing and industry 4.0: what we know and what we don't. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(1), 230–266. <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2020-0024>
- Sousa, L. D. J., & Morais, D. (2021). Gestão ambiental da cadeia de suprimentos: Revisão conceitual e um caso ilustrativo. *EMPRAD - Encontro Dos Programas de Pós-Graduação Profissionais Em Administração*, Online. <https://sistema.emprad.org.br/7/arquivos/172.pdf>
- Stindt, D. (2017). A generic planning approach for sustainable supply chain management - How to integrate concepts and methods to address the issues of sustainability? *Journal of Cleaner Production*, 153(1), 146–163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.126>
- Subulan, K., & Baykasoğlu, A. (2023). A case-oriented computational study for sustainable fleet planning in a battery closed-loop supply chain network under uncertainty. *Engineering Computations*, 40(7/8), 1947–2008. <https://doi.org/10.1108/EC-09-2022-0582>
- Sureeyatanapas, P., Poophiukhok, P., & Pathumnakul, S. (2018). Green initiatives for logistics service providers: An investigation of antecedent factors and the contributions to corporate goals. *Journal of Cleaner Production*, 191, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.206>
- Svensson, G. (2007). Aspects of sustainable supply chain management (SSCM): Conceptual framework and empirical example. *Supply Chain Management*, 12(4), 262–266. <https://doi.org/10.1108/13598540710759781>
- Tsoufias, G. T., & Pappis, C. P. (2006). Environmental principles applicable to supply chains design and operation. *Journal of Cleaner Production*, 14(18), 1593–1602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.05.021>
- Ülgen, V. S., & Forslund, H. (2015). Logistics performance management in textiles supply chains: best-practice and barriers. *International Journal of Productivity and Performance*

Management, 64(1), 52–75. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2013-0019>

Wang, S., Jia, C., Khan, A., Khan, N. H., Hsieh, C.-H., Hung, C.-W., & Chen, S.-C. (2025). Big data analytics-artificial intelligence, ambidexterity, and green supply chain management: Implications on responsible economy. *Revista de Administração de Empresas*, 65(1). <https://doi.org/10.1590/s0034-759020250101>

Wu, K. J., Liao, C. J., Tseng, M. L., & Chiu, A. S. F. (2015). Exploring decisive factors in green supply chain practices under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 159, 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.030>

Zhang, X., & Liu, S. (2021). Action Mechanism and Model of Cross-Border E-Commerce Green Supply Chain Based on Customer Behavior. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/6670308>

Zhou, Y., Xu, L., & Muhammad Shaikh, G. (2019). Evaluating and Prioritizing the Green Supply Chain Management Practices in Pakistan: Based on Delphi and Fuzzy AHP Approach. *Symmetry*, 11(11), 1346. <https://doi.org/10.3390/sym11111346>