



LOGÍSTICA 4.0 E CADEIA DE SUPRIMENTOS NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: AVANÇOS TECNOLÓGICOS E DESAFIOS NA ERA DIGITAL

Logistics 4.0 and supply chain in production engineering: technological advances and challenges in the digital age

Logística 4.0 y cadena de suministro en la ingeniería de producción: avances tecnológicos y retos en la era digital

**Hertiquitefano J. dos Santos Souza¹, Jordan Lavanholle Rosa², Noamy Lima Cardozo³,
Noéle Bissoli Perini de Souza⁴, & Marcos Wagner Jesus Servare Junior^{5*}**

¹²³⁴⁵ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ hertiquitefano.souza@edu.ufes.br ² jordan.rosa@edu.ufes.br ³ noamy.cardozo@edu.ufes.br ⁴ noele.perini@ufes.br

⁵ marcos.servare@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado: 08.08.2025

PALAVRAS-CHAVE: Logística 4.0; Cadeia de Suprimento 4.0; Indústria 4.0; Cadeia de Suprimentos Inteligente.

KEYWORDS: Logistics 4.0; Supply Chain 4.0; Industry 4.0; Smart Supply Chain.

PALABRAS CLAVE: Logística 4.0; Cadena de Suministro 4.0; Industria 4.0; Cadena de Suministro.

*Autor Correspondente: Servare Jr., M. W. J.

RESUMO

O presente artigo analisa os avanços tecnológicos e os desafios inerentes à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0, no contexto da Engenharia de Produção. Observa-se uma crescente adoção de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA), o Big Data e o Blockchain, as quais favorecem a conectividade, a automação e a análise de dados em tempo real. Para embasar a investigação, empregou-se a metodologia ProKnow-C, que possibilitou a seleção criteriosa e a análise de publicações científicas relevantes produzidas entre 2010 e 2024. Os resultados evidenciam benefícios significativos, como maior eficiência operacional, rastreabilidade e capacidade de planejamento estratégico, além de apresentar exemplos de aplicação em empresas que já implementaram tais tecnologias. Contudo, desafios como os elevados custos de implementação, a complexidade da integração tecnológica e a necessidade de qualificação profissional ainda constituem barreiras para a adoção em larga escala. Conclui-se que, para garantir uma transformação digital eficaz, é fundamental que as organizações desenvolvam estratégias adaptativas, aliando inovação à superação dos desafios identificados. Tal processo é essencial para tornar as operações mais ágeis, competitivas e alinhadas às demandas do mercado contemporâneo.

ABSTRACT

This article analyzes the technological advances and challenges inherent to Logistics 4.0 and Supply Chain 4.0 in the context of Production Engineering. There is a growing adoption of emerging technologies, such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data, and

Blockchain, which favor connectivity, automation, and real-time data analysis. The ProKnow-C methodology was used to support the research, enabling the careful selection and analysis of relevant scientific publications produced between 2010 and 2024. The results demonstrate significant benefits, such as increased operational efficiency, traceability, and strategic planning capabilities, and present examples of applications in companies that have already implemented these technologies. However, challenges such as high implementation costs, the complexity of technological integration, and the need for professional qualifications still constitute barriers to large-scale adoption. The conclusion is that, to ensure effective digital transformation, organizations must develop adaptive strategies, combining innovation with overcoming identified challenges. This process is essential for making operations more agile, competitive, and aligned with the demands of the contemporary market.

RESUMEN

Este artículo analiza los avances y desafíos tecnológicos inherentes a la Logística 4.0 y la Cadena de Suministro 4.0 en el contexto de la Ingeniería de Producción. Existe una creciente adopción de tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IdC), la Inteligencia Artificial (IA), el Big Data y la cadena de bloques (blockchain), que favorecen la conectividad, la automatización y el análisis de datos en tiempo real. La investigación se financia con la metodología ProKnow-C, que permitió la selección y el análisis minuciosos de publicaciones científicas relevantes publicadas entre 2010 y 2024. Los resultados demuestran beneficios significativos, como una mayor eficiencia operativa, trazabilidad y capacidad de planificación estratégica, y presentan ejemplos de aplicaciones en empresas que ya han implementado estas tecnologías. Sin embargo, desafíos como los altos costos de implementación, la complejidad de la integración tecnológica y la necesidad de cualificaciones profesionales aún constituyen barreras para su adopción a gran escala. La conclusión es que, para garantizar una transformación digital efectiva, las organizaciones deben desarrollar estrategias adaptativas, combinando la innovación con la superación de los desafíos identificados. Este proceso es esencial para lograr operaciones más ágiles, competitivas y alineadas con las demandas del mercado actual.



INTRODUÇÃO

Atualmente, a Logística 4.0 e a Cadeia de Suprimentos 4.0 têm se consolidado como elementos centrais da transformação digital nas operações logísticas e produtivas, impulsionadas pela incorporação de tecnologias emergentes, tais como a Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), a Inteligência Artificial (IA), o Big Data e o Blockchain (Schwab, 2016). Tais inovações estão redefinindo o cenário industrial ao viabilizarem maior conectividade, automação e análise de dados em tempo real, promovendo, assim, a otimização de processos e a redução de custos operacionais.

Esse movimento se insere em um contexto de crescente complexidade e competitividade, no qual as exigências do mercado impõem a necessidade de maior eficiência e flexibilidade nas operações. Contudo, a implementação dessas inovações ainda enfrenta obstáculos relevantes, como os altos custos de adoção, limitações tecnológicas e a escassez de mão de obra especializada. Esses entraves são confirmados por Martins et al. (2018), que os identificam como principais barreiras técnicas e tecnológicas à consolidação da Supply Chain 4.0.

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de sistemas de informação integrados, capazes de alinhar estratégias organizacionais e de promover a disseminação do conhecimento ao longo da cadeia de suprimentos, fortalecendo a inovação e a competitividade (Ribeiro et al., 2022). Paralelamente, iniciativas como o *Procurement 4.0* têm se mostrado estratégicas na modernização dos processos de suprimentos, contribuindo para maior agilidade, automação e aderência às demandas de mercado (Costa & Gomes, 2021).

Dante desse panorama, este artigo adota a metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist* (ProKnow-C) para identificar e delimitar os principais estudos da literatura nacional sobre o tema. A seleção de publicações dos últimos 15 anos proporciona uma base sólida e atualizada para a compreensão dos impactos das tecnologias relacionadas à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0 em diferentes setores, evidenciando suas implicações práticas para a indústria e os serviços.

Assim, o objetivo deste artigo é realizar uma revisão de um fragmento da literatura nacional sobre as transformações impulsionadas pelas tecnologias associadas à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0, com apoio do método ProKnow-C. Busca-se compreender de que forma inovações como IoT, IA, Big Data e Blockchain impactam a eficiência operacional, a automação e a integração dos processos logísticos. Adicionalmente, pretende-se identificar os principais desafios enfrentados pelas organizações na adoção dessas tecnologias, bem como propor estratégias para superá-los, oferecendo uma base teórica consistente para futuras investigações e aplicações práticas no setor produtivo.

Na próxima seção, será descrita a metodologia ProKnow-C e, na sequência, a sua aplicação para obtenção do portfólio bibliográfico e as análises bibliométricas e sistêmicas. Posteriormente, são apresentadas as considerações finais e as referências utilizadas nesta pesquisa.

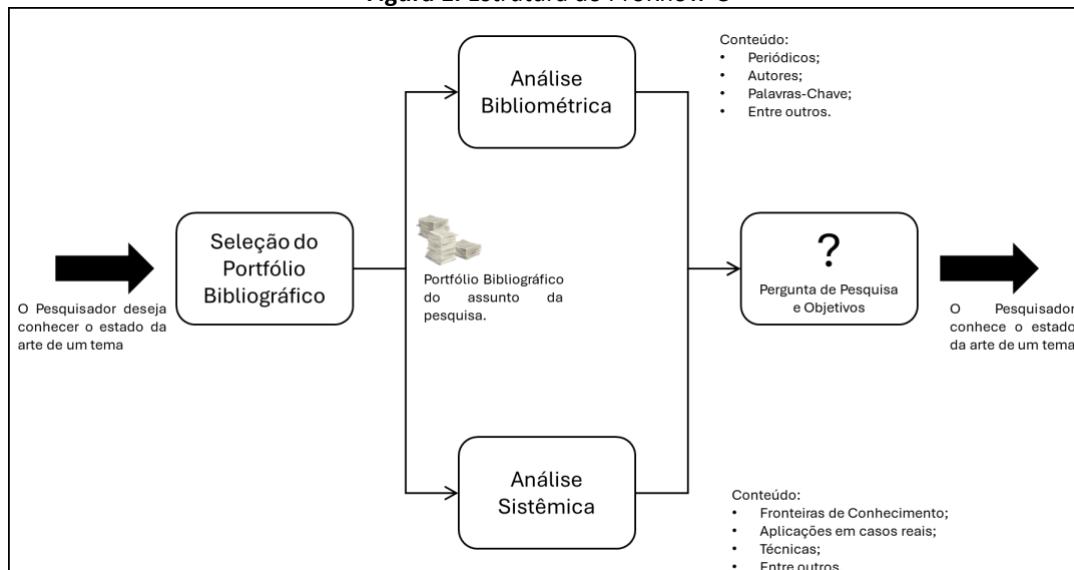
PROKNOW-C

Este estudo fez uso da metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist* (ProKnow-C) como abordagem estruturante para a revisão da literatura. Essa metodologia foi escolhida por sua capacidade de oferecer uma base consistente e alinhada aos objetivos da pesquisa, permitindo uma análise sistemática e criteriosa da produção científica relacionada à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0.

A estrutura do ProKnow-C, apresentada na Figura 1, comprehende um processo organizado em etapas que incluem a seleção de um portfólio bibliográfico relevante, com base em critérios de alinhamento temático e de qualidade científica, seguido por análises quantitativas e qualitativas dos artigos selecionados. Essas análises visam identificar lacunas de conhecimento, tendências de pesquisa e questões críticas relacionadas ao objeto de estudo.

Dessa forma, o uso do ProKnow-C possibilita a construção de uma visão abrangente sobre os avanços e desafios da Logística 4.0 e da Cadeia de Suprimentos 4.0, contribuindo para a consolidação teórica do campo e para a fundamentação de futuras investigações.

Figura 1. Estrutura do ProKnow-C



Fonte: Autores (2025).

A aplicação da abordagem baseada no ProKnow-C nesta pesquisa seguiu três etapas principais, descritas a seguir:

Seleção do portfólio bibliográfico

Inicialmente, realizou-se uma busca sistemática em bases de dados científicas, utilizando-se palavras-chave vinculadas ao escopo da Logística 4.0 e da Cadeia de Suprimentos 4.0. Para assegurar a relevância e a qualidade das publicações selecionadas, foram previamente estabelecidos critérios de inclusão e exclusão, de modo a garantir o alinhamento das obras ao objetivo central do estudo.

Análise biométrica

Na segunda etapa, procedeu-se à análise de aspectos quantitativos do portfólio selecionado, contemplando a distribuição das publicações por ano, a identificação dos autores mais recorrentes e a relevância dos periódicos em que os artigos foram publicados. Esta etapa permitiu mapear a evolução temporal, bem como a concentração temática da produção científica sobre o tema.

Análise sistêmica

Por fim, foi conduzida uma análise qualitativa do conteúdo dos artigos selecionados, com o intuito de identificar as principais contribuições teóricas, lacunas de pesquisa e os temas centrais abordados nesses estudos. Essa etapa possibilitou uma compreensão aprofundada das tendências e desafios relacionados à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0.

A realização dessas três etapas permitiu a construção de um portfólio bibliográfico rigorosamente alinhado aos objetivos da pesquisa, assegurando que as fontes analisadas apresentassem aplicabilidade direta e significativa ao campo de estudo.

SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Esse processo foi conduzido de forma sequencial e estruturada, possibilitando uma análise abrangente e sistemática das tecnologias emergentes, bem como dos desafios associados à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0. Os resultados obtidos a partir dessa abordagem forneceram uma base sólida para discussões relevantes e para a formulação de recomendações futuras no campo da Engenharia de Produção.

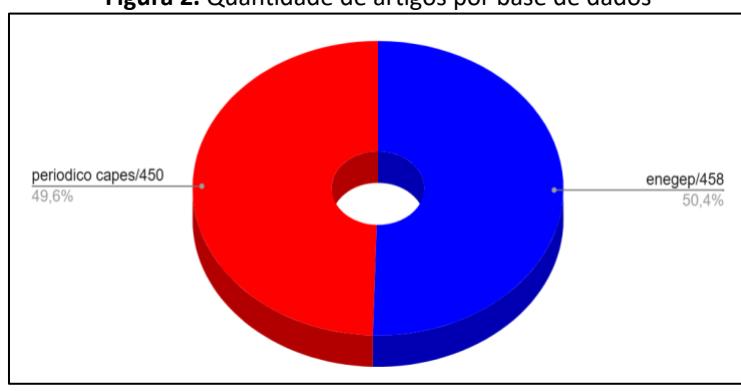
Com o intuito de orientar as buscas, foram estabelecidas quatro palavras-chave centrais: Logística 4.0, Cadeia de Suprimentos 4.0, Indústria 4.0 e Cadeia de Suprimentos Inteligente. A coleta dos dados bibliográficos foi conduzida por meio da consulta a periódicos científicos indexados no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bem como aos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGET), considerando o recorte temporal de 2010 a 2024.

Os artigos inicialmente obtidos compuseram um portfólio bruto, o qual foi submetido a um processo rigoroso de filtragem para assegurar a relevância e o alinhamento com os objetivos da pesquisa. Com vistas à aplicação de uma abordagem procedural, as etapas de filtragem seguiram a seguinte ordem:

- (i) filtro de redundância;
- (ii) filtro de alinhamento de títulos;
- (iii) filtro de reconhecimento científico, incluindo autores de destaque e artigos recentes;
- (iv) leitura dos resumos; e
- (v) leitura integral dos artigos selecionados.

Após a filtragem, os artigos remanescentes foram categorizados com base na origem das publicações, considerando sua frequência por periódicos e eventos. A Figura 2 apresenta a distribuição dos artigos conforme as fontes de publicação, evidenciando os veículos com maior contribuição para a discussão do tema investigado.

Figura 2. Quantidade de artigos por base de dados



Fonte: Autores (2025).

A Figura 2 apresenta os periódicos e os anais que mais contribuíram para a formação do portfólio bruto, permitindo a identificação das fontes mais recorrentes e relevantes sobre Logística 4.0 e Cadeia de Suprimentos 4.0. Esta etapa foi fundamental para garantir a formulação de um portfólio bibliográfico consolidado e alinhado ao escopo da pesquisa.

Após a obtenção do portfólio bruto, composto inicialmente por 979 artigos, foi conduzido um processo de filtragem rigoroso com o intuito de assegurar que apenas os estudos com maior relevância teórica e aderência temática fossem mantidos no portfólio final. As etapas de refinamento ocorreram da seguinte forma:

1. Remoção de artigos duplicados

Na etapa inicial, foram eliminadas as duplicidades, resultando em um conjunto de 877 artigos únicos.

2. Seleção por títulos relevantes

Em seguida, os títulos dos 877 artigos foram analisados com base em sua pertinência ao tema da pesquisa. Apenas 58 artigos apresentaram títulos diretamente alinhados ao escopo do estudo e foram mantidos para as próximas etapas.

3. Leitura dos resumos

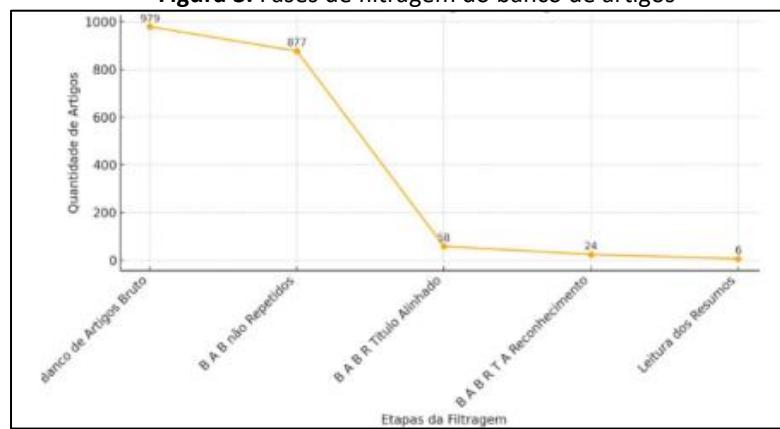
A terceira fase consistiu na leitura dos resumos dos 58 artigos selecionados. Nessa análise, buscou-se identificar os estudos com maior potencial de contribuição científica. Ao final desta etapa, restaram 24 artigos.

4. Leitura integral dos textos

Por fim, os 24 artigos foram lidos na íntegra para verificar sua relevância metodológica, teórica e prática. Apenas seis artigos cumpriram integralmente os critérios definidos, compondo assim o portfólio bibliográfico final.

A Figura 3 ilustra graficamente a redução progressiva do número de artigos ao longo das etapas de filtragem, evidenciando a aplicação do rigor metodológico adotado.

Figura 3. Fases de filtragem do banco de artigos



Fonte: Autores (2025).

Ao término das etapas de filtragem, seis artigos foram selecionados por atenderem integralmente aos critérios de relevância temática, rigor metodológico e alinhamento com os objetivos da pesquisa. Esses estudos compõem o portfólio bibliográfico final, que servirá como base para as análises subsequentes, bibliométrica e sistêmica, conforme as etapas previstas na aplicação do método *ProKnow-C*. A Tabela 1 apresenta a composição do portfólio final, destacando os principais dados de cada publicação selecionada, como autor(es), título, ano, periódico ou evento, e tipo de contribuição para a temática da Logística 4.0 e da Cadeia de Suprimentos 4.0.

Tabela 1. Portfólio Bibliográfico

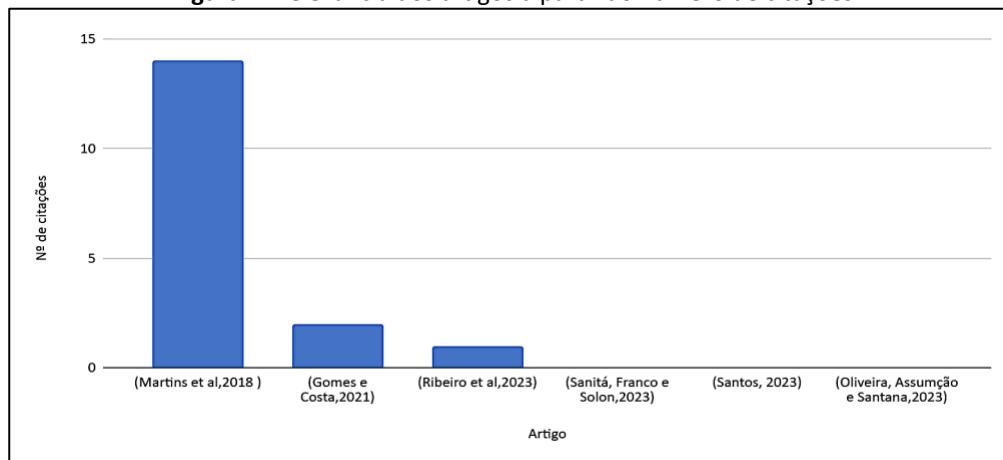
Título	Autores	Congresso-Revista	Nº de citações
Desafios da Supply Chain 4.0	Martins et al. (2018)	ENEGET	14
Uma perspectiva colaborativa da cadeia de suprimentos para apoiar a indústria 4.0	Oliveira, Assumção e Santana (2019)	Revista Produção Online	0
Procurement 4.0: como a aplicação de novas tecnologias e robotização transformará a área de suprimentos das empresas	Costa e Gomes (2021)	Revista Caribeña de Ciencias Sociales	2
Gestão da informação e do conhecimento na cadeia de suprimentos 4.0	Ribeiro et al. (2022)	Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios	1
Aplicações das tecnologias da indústria 4.0: impactos na Gestão da Cadeia de Suprimentos	Sanitá, Solon e Franco (2023)	ENEGET	0
Avaliação da relação da Indústria 4.0 nas práticas scm com foco no desempenho: Uma revisão da literatura	Santos et al. (2023)	ENEGET	0

Fonte: Autores (2025).

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica, aplicada ao portfólio final, teve como objetivo avaliar a relevância e a evolução dos estudos selecionados, com base em critérios como o número de citações por artigo, a distribuição das publicações ao longo dos anos e a identificação das fontes de publicação (periódicos e congressos). Essa etapa permitiu mapear o impacto e a abrangência das contribuições científicas sobre a Logística 4.0 e a Cadeia de Suprimentos 4.0. Os dados revelam que o estudo de Martins et al. (2018) foi o mais citado entre as publicações analisadas, totalizando 14 citações. Tal recorrência consolida essa obra como uma referência central no campo, especialmente por abordar de forma abrangente as barreiras e as possíveis soluções para a integração das tecnologias associadas à Indústria 4.0 nas cadeias de suprimentos.

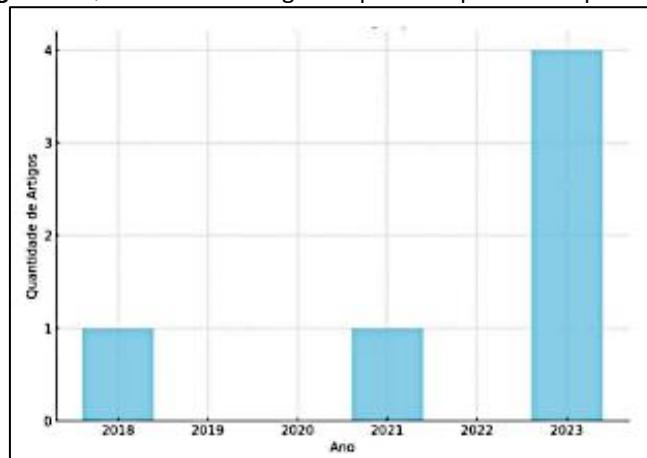
Outros trabalhos, como os de Costa e Gomes (2021), Ribeiro et al. (2022) e Sanitá, Solon e Franco (2023), embora apresentem menor número de citações, complementam a discussão ao oferecer enfoques específicos sobre a automação dos processos de suprimento, a gestão informacional e os impactos ambientais. Essa diversidade de abordagens contribui para enriquecer o portfólio, permitindo a exploração de múltiplas dimensões relacionadas à Logística 4.0.

Figura 4. Relevância dos artigos a partir do número de citações

Fonte: Autores (2025).

No que se refere à distribuição temporal das publicações, constatou-se que os artigos do portfólio final foram publicados nos anos de 2018, 2021 e 2023, conforme ilustrado na Figura 5. Observa-se uma maior concentração de estudos em 2023, o que evidencia o crescente interesse acadêmico pelo tema e reforça a relevância das tecnologias digitais aplicadas às cadeias de suprimentos. Esse aumento recente nas publicações indica que a Logística 4.0 permanece como um campo emergente, cuja importância vem se intensificando à medida que as organizações buscam incorporar tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Blockchain e Big Data para modernizar e integrar seus processos operacionais.

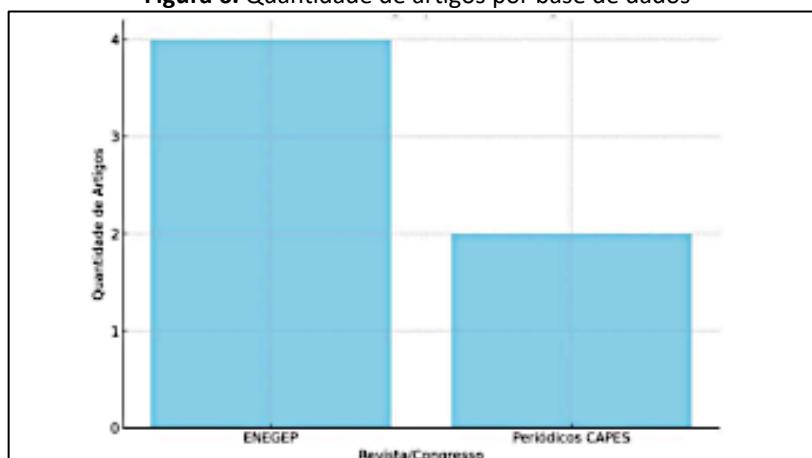
Figura 5. Quantidade de artigos do portfólio por ano de publicação



Fonte: Autores (2025).

Em relação à origem das publicações, os dados indicam que o Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEPE) foi a principal fonte dos estudos selecionados, representando 66,7% do portfólio final, enquanto os periódicos indexados na base CAPES corresponderam a 33,3%, conforme representado na Figura 6. A predominância de artigos oriundos do ENEGEPE ressalta a importância dos eventos acadêmicos nacionais na disseminação de pesquisas voltadas à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos, sobretudo no cenário brasileiro. A Figura 6 detalha essa distribuição, demonstrando que quatro dos seis artigos analisados foram publicados no ENEGEPE, enquanto os demais dois foram veiculados em periódicos científicos. Esses dados reforçam o papel estratégico dos congressos como catalisadores de debates e avanços científicos na área em estudo.

Figura 6. Quantidade de artigos por base de dados



Fonte: Autores (2025).

A análise bibliométrica também evidenciou uma distribuição equilibrada entre os principais temas abordados nos estudos selecionados, com destaque para os desafios de implementação, o uso de tecnologias emergentes, a sustentabilidade e a integração informacional. Essa diversidade temática reforça o caráter interdisciplinar da Logística 4.0, que demanda a articulação entre múltiplas áreas do conhecimento para atender às exigências de cadeias de suprimentos cada vez mais complexas e digitalizadas.

Dessa forma, a bibliometria permitiu identificar padrões e tendências na produção científica recente sobre Logística 4.0 e Cadeia de Suprimentos 4.0, destacando os trabalhos de maior impacto, os avanços mais relevantes e as principais fontes de publicação. Tais resultados reforçam a relevância do tema como um campo em ascensão, oferecendo subsídios teóricos importantes para o aprofundamento das discussões nas etapas subsequentes deste estudo.

ANÁLISE SISTÊMICA

Após a definição do portfólio bibliográfico e a conclusão da análise bibliométrica, este estudo avançou para a etapa de análise sistemática. Nessa fase, cada artigo foi examinado quanto à sua aderência temática ao objeto de estudo, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada sobre os avanços e desafios relacionados à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0. O objetivo foi identificar as principais contribuições teóricas, as metodologias empregadas e os resultados obtidos, além de avaliar criticamente os desafios e oportunidades relatados pelos autores.

Para conduzir essa análise de forma estruturada, foram definidos os seguintes critérios: (a) contribuições do artigo ao tema investigado; (b) tecnologias e ferramentas mencionadas ou aplicadas; (c) alinhamento dos objetivos dos artigos com os propósitos desta pesquisa; e (d) importância e aplicabilidade prática dos resultados.

Os artigos selecionados abordaram distintos aspectos da temática, cada um oferecendo uma perspectiva singular. O estudo de Martins et al. (2018) concentrou-se nos desafios enfrentados pelas empresas na adoção de tecnologias da Indústria 4.0, destacando obstáculos como resistência cultural, carência de qualificação profissional e restrições financeiras. Os autores também propuseram estratégias de superação, como a implementação gradual das inovações e o investimento em capacitação, oferecendo uma análise crítica e realista do cenário organizacional.

O trabalho de Oliveira, Assumpção e Santana (2019) apresentou uma revisão de literatura e uma análise bibliométrica sobre a colaboração entre cadeia de suprimentos e Indústria 4.0. A partir de um questionário aplicado a lideranças especializadas e pela utilização do método AHP (Analytic Hierarchy Process), os autores identificaram como principais entraves a insuficiência de conhecimento tecnológico, a fragilidade na segurança da informação e a falta de transparência comunicacional. Tais desafios foram destacados como cruciais para a adaptação das cadeias às exigências da transformação digital.

No estudo de Costa e Gomes (2021), a ênfase recaiu sobre o conceito de Procurement 4.0, com enfoque na automação e robotização dos processos de suprimento. Os autores reforçam a relevância das tecnologias cibercíclicas para o ganho de agilidade e eficiência, principalmente em cadeias de suprimento complexas. Apesar das dificuldades inerentes, como os altos investimentos iniciais. O artigo oferece uma abordagem prática e estratégica para a modernização dos processos.



Ribeiro et al. (2022) destacaram a gestão da informação e do conhecimento como fatores-chave para a integração da cadeia de suprimentos. O estudo salienta que, com o uso de sistemas de informação integrados, é possível melhorar significativamente a colaboração entre os elos da cadeia, promovendo maior visibilidade e aumentando a competitividade. Esta perspectiva complementa os demais trabalhos ao enfatizar a infraestrutura informacional como elemento habilitador da Logística 4.0.

O artigo de Sanitá, Solon e Franco (2023) tratou dos impactos de tecnologias como IoT e Big Data na eficiência operacional, rastreabilidade e automação de processos logísticos. Os autores reconhecem os benefícios relevantes, mas apontam barreiras significativas relacionadas aos custos de implementação e à complexidade técnica do processo de integração.

Por sua vez, Santos et al. (2023) ampliaram a análise ao incluir a dimensão ambiental, destacando o potencial de tecnologias digitais, como o Blockchain, para contribuir com a sustentabilidade das cadeias de suprimentos. Entretanto, os autores também alertam para a carência de avaliações práticas que comprovem esses benefícios.

De forma geral, os artigos analisados oferecem uma visão abrangente da Logística 4.0 e da Cadeia de Suprimentos 4.0, evidenciando tanto os benefícios — como ganhos de eficiência, rastreabilidade e sustentabilidade — quanto os desafios, que incluem barreiras financeiras, tecnológicas e culturais. Além disso, foram identificadas lacunas relevantes, como a escassez de estudos voltados especificamente ao contexto de pequenas e médias empresas e a necessidade de aprofundamento nas implicações sociais e ambientais dessas tecnologias.

Conclui-se que a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 representa uma oportunidade concreta de transformação para as cadeias de suprimentos. No entanto, para que os benefícios se concretizem, é fundamental superar os entraves estruturais e culturais, além de investir em estratégias práticas de implementação e qualificação profissional. A análise sistêmica, ao conectar as contribuições individuais dos artigos, forneceu uma base teórica consistente para discussão futura e para o desenvolvimento de soluções efetivamente aplicáveis ao setor produtivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou os avanços e desafios relacionados à Logística 4.0 e à Cadeia de Suprimentos 4.0 no âmbito da Engenharia de Produção, com foco na contribuição das tecnologias emergentes para a modernização e a integração das operações logísticas. A utilização da metodologia ProKnow-C permitiu a seleção criteriosa de um portfólio bibliográfico relevante, possibilitando uma análise estruturada e aprofundada da produção científica sobre o tema.

Os resultados demonstraram que tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data, Blockchain e Inteligência Artificial possuem grande potencial transformador, promovendo conectividade, automação e rastreabilidade nas cadeias de suprimentos. No entanto, a adoção dessas inovações ainda enfrenta entraves significativos, como altos custos de implementação, barreiras culturais e carência de mão de obra qualificada. Também foram identificadas lacunas relevantes, especialmente no que se refere à aplicação dessas tecnologias em pequenas e médias empresas e à avaliação de seus impactos sociais e ambientais.

As análises bibliométrica e sistêmica revelaram que, embora os benefícios sejam amplamente reconhecidos, a consolidação da Logística 4.0 exige o desenvolvimento de estratégias adaptativas que considerem as limitações estruturais e organizacionais das empresas. A transformação digital demanda, portanto, não apenas investimentos em infraestrutura tecnológica, mas também ações voltadas à capacitação de equipes e à superação de resistências internas.

Conclui-se que a Logística 4.0 e a Cadeia de Suprimentos 4.0 constituem um campo promissor para a Engenharia de Produção, ao oferecer soluções inovadoras alinhadas às exigências de um mercado dinâmico e competitivo. Para que os benefícios esperados sejam efetivamente alcançados, é imprescindível que as organizações combinem inovação tecnológica com planejamento estratégico e gestão da mudança, viabilizando operações mais ágeis, sustentáveis e integradas à realidade da era digital.

Como proposta para trabalhos futuros, recomenda-se ampliar o escopo da presente pesquisa, incorporando outras bases de dados científicas e publicações em diferentes idiomas. Sugere-se, ainda, a realização de estudos de caso que acompanhem a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 em organizações reais, de modo a verificar os resultados obtidos por meio da comparação entre o cenário anterior e o posterior à implementação.

REFERÊNCIAS

- Costa, P. H. D., & Gomes, R. L. R. (2021). Procurement 4.0: como a aplicação de novas tecnologias e robotização transformará a área de suprimentos das empresas. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 10(7), 25-37.
- Martins, F. C., Simon, A. T., Campos, R. S., & Campos, F. C. (2018). Desafios da Supply Chain 4.0. In *Anais do XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp. 1-12). Maceió, AL, Brasil.
- Ribeiro, J. S. A. N., Ziviani, F., França, R. S., Corrêa, F., & Ferreira, E. P. (2022). Gestão da informação e do conhecimento na cadeia de suprimentos 4.0. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 15(2), 117-138. <https://doi.org/10.59306/reen.v15e22022117-138>
- Sanitá, A. L. A. C., Solon, A. S., & Franco, D. (2023). Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0: impactos na gestão da cadeia de suprimentos. In *Anais do XLIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp. 1-10). Fortaleza, CE, Brasil.
- Santana, H. L., Assumpção, M. R. P., & de Oliveira, M. C. (2019). Uma perspectiva colaborativa da cadeia de suprimentos para apoiar a Indústria 4.0. *Revista Produção Online*, 19(2), 694-721. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i2.3460>
- Santos, H. T. M., Carvalho, V. S., Ueoka, N. A., Negrão, L. L. L., & Blaz, C. L. C. (2023). Avaliação da relação da Indústria 4.0 nas práticas SCM com foco no desempenho: uma revisão da literatura. In *Anais do XLIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp. 1-10). Fortaleza, CE, Brasil.

