

PERSPECTIVAS TEÓRICAS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO SUSTENTÁVEL DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

JULIO CEZAR ARIAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

FARLEY SIMON MENDES NOBRE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

UBIRATÁ TORTATO

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ (PUCPR)

Agradecimento à órgão de fomento:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

PERSPECTIVAS TEÓRICAS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO SUSTENTÁVEL DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

1. INTRODUÇÃO

O cenário global contemporâneo tem sido caracterizado por grandes incertezas, tornando a agilidade da cadeia de suprimentos um determinante crítico de eficiência, resiliência organizacional e vantagem competitiva. Aspectos como a falta de recursos, matéria-prima, peças ou componentes podem interromper ou alterar o processo produtivo, ocasionando tempo ocioso, aumento de custos operacionais, incapacidade de fornecimento de produtos e insatisfação do cliente (BOWERSOX et al., 2007).

A crescente complexidade, globalização e vulnerabilidade das cadeias de suprimentos têm levado as organizações a buscar soluções inovadoras para aprimorar sua adaptabilidade, eficácia e sustentabilidade operacional (TEIXEIRA et al., 2025). Fatores como consumo excessivo, desafios sociais e mudanças climáticas estão levando a sociedade a reavaliar suas abordagens e buscar caminhos para a restauração ecológica. Porém, embora a sustentabilidade esteja ganhando força entre as grandes corporações, pesquisas indicam uma disparidade entre o valor econômico que elas geram e o bem-estar geral da sociedade e do ambiente em que operam (DEMASTUS; LANDRUM, 2023; DYLLICK; MUFF, 2016).

Tecnologias como a inteligência artificial (IA) estão transformando a gestão da cadeia de suprimentos, oferecendo oportunidades sem precedentes para aumentar a eficiência operacional, reduzir o tempo das tarefas e revolucionar a tomada de decisões e a relação custo-benefício das operações logísticas. Outras inovações como aprendizado de máquina, análise preditiva e algoritmos de otimização estão sendo aplicadas para resolver problemas complexos da cadeia de suprimentos, incluindo previsão de demanda, gerenciamento de estoque e aperfeiçoamento da logística (DANACH et al., 2024). Essas ferramentas facilitam a tomada de decisões baseadas em dados, melhoram a gestão de recursos e reduzem o desperdício, o que é crucial para o desenvolvimento sustentável (GÓMEZ GANDÍA et al., 2025).

A conscientização sobre sustentabilidade em vários setores econômicos abraça também o âmbito da gestão da cadeia de suprimentos, incluindo pesquisas sobre logística reversa, economia circular e logística verde, com foco em gestão de riscos, controle da poluição e inovação por meio de tecnologias avançadas, como inteligência artificial e processamento de dados (MAGETO, 2022). Dessa maneira, a IA pode auxiliar na construção de modelos de negócios inovadores e sustentáveis que impulsionem o crescimento econômico e promovam a revitalização ambiental com uma abordagem mais centrada no cliente, abrindo caminho para um cenário de negócios mais sustentável (RICHEY et al., 2023).

A relação entre Sustentabilidade, Gestão da Cadeia de Suprimentos e Inteligência Artificial se revela extremamente relevante, pois a IA tem o potencial de impactar diretamente as dinâmicas organizacionais, os processos decisórios e a forma como as organizações interagem com seu ambiente e seus membros. Danach et al. (2024) destacam os impactos que a inteligência artificial tem nas cadeias de suprimentos em prol da sustentabilidade, tais como: mitigação dos efeitos ambientais, redução de materiais desperdiçados e abordagens ecológicas no fornecimento de produtos.

A Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos (GSCS) é uma abordagem holística fundamental para integrar considerações ambientais, sociais e econômicas às operações da cadeia de suprimentos, cujo objetivo é garantir que os princípios de sustentabilidade sejam incorporados aos processos de aquisição, fabricação, transporte e logística reversa, e assim, aumentar a eficiência operacional e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais (ROSHANPOUR et al., 2025).

Nesse sentido, o uso de tecnologias avançadas por organizações em sua busca por níveis mais elevados de sustentabilidade oferece uma gama de benefícios que, de outra forma, seriam inacessíveis (GÓMEZ GANDÍA et al., 2025). Assim, empresas da cadeia de suprimentos devem desenvolver capacidades tecnológicas e incorporar iniciativas ambientais, sociais e economicamente sustentáveis em suas operações (MAGETO, 2022).

Outro exemplo do uso da IA na cadeia de suprimentos é sua aplicação na gestão de estoques, que está revolucionando a gestão de armazéns, aprimorando a eficiência e a tomada de decisões em diversas operações. Ela permite o rastreamento de estoque em tempo real, rotas de coleta mais eficientes e agendamento dinâmico de entregas, superando as capacidades da tecnologia de drones (NISHAR, 2024). Além disso, soluções baseadas em IA melhoram a utilização do espaço, reduzem os custos com mão de obra, facilitam a contagem precisa de estoque, reabastecimentos oportunos e a comunicação contínua entre as partes interessadas (ANN MATHEUWS et al., 2024).

À medida que as organizações contemplam a integração da IA em suas atividades, é vital promover uma abordagem aberta e proativa para a formulação de políticas e implementação de processos, incluindo a elaboração de ajustes estruturais completos que capitalizem as eficiências e inovações trazidas pela IA e abordem preventivamente os desafios potenciais, criando uma trajetória resiliente, ética e sustentável (RICHEY et al., 2023).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo é verificar como a IA pode facilitar a gestão da cadeia de suprimentos e promover práticas sustentáveis em suas operações. Neste contexto e, para alcançar o objetivo proposto nesta pesquisa, optou-se por realizar uma revisão integrativa da literatura proposta por Snyder (2019), com o auxílio das bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, amplamente utilizadas, que possuem uma longa rede de parceiros e citações e que suportam uma ampla gama de finalidades de informação (BIRKLE et al., 2020).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A explanação acerca de sustentabilidade pode ser iniciada a partir da abordagem adotada por John Elkington (1997), chamada *Triple Bottom Line*, onde a sustentabilidade é desenhada a partir de três dimensões: ambiental, que leva em consideração o impacto da atividade industrial no meio ambiente; social, que engloba o contexto organizacional interna e externamente; e econômica, que se relaciona com a rentabilidade do negócio e a transparência e governança em sua administração.

2.1 Sustentabilidade na Cadeia de Suprimentos

A sustentabilidade é uma oportunidade clara para novos negócios e para a criação de empregos inovadores, especialmente na cadeia de suprimentos, cujas empresas podem se

beneficiar desses novos modelos de negócios, reduzindo sua dependência de recursos primários e protegendo-as de flutuações de preços, aumentando assim sua lucratividade e competitividade a longo prazo (DOSSOU et al., 2024).

Atualmente, as empresas e as cadeias de abastecimento enfrentam uma pressão crescente para reduzir a emissão de carbono, por isso, muitas decisões afetam a sustentabilidade da cadeia de suprimentos, tais como: a forma como os produtos são projetados, que tipo de materiais são usados, em que condições eles são fabricados e montados, quais critérios são empregados para selecionar fornecedores, quais modos de transporte são usados para entregar os produtos ou o que é feito com os produtos no final do seu ciclo de vida (DOSSOU et al., 2024).

A introdução da sustentabilidade como um critério para otimização da cadeia de suprimentos foi incluída em modelos matemáticos devido à legislação cada vez mais exigente e à conscientização pública sobre os limites planetários, além do seu alinhamento com o que é defendido pelo conceito de Indústria 5.0 (DOSSOU et al., 2024). As perspectivas de sustentabilidade e resiliência devem prevalecer em toda a cadeia de suprimentos, abrangendo as dimensões: econômica, ambiental e social da sustentabilidade e as dimensões: liderança e estratégia, cultura e comportamento e preparação e gerenciamento de riscos, atrelados à resiliência (MALEKI et al., 2023).

Por fim, as práticas de sustentabilidade na cadeia de suprimentos ajudam a reduzir a necessidade de novos recursos primários, melhorar a qualidade do ar, o congestionamento e o consumo de combustível, ao mesmo tempo em que aumentam a satisfação do cliente e da comunidade. Além disso, essa possibilidade reforça a imagem da marca das empresas aos olhos dos clientes, permitindo que as empresas e suas cadeias de suprimentos aumentem as vendas, a participação de mercado e a lucratividade (DOSSOU et al., 2024).

2.2 Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos

A gestão da cadeia de suprimentos é um componente crítico das operações comerciais modernas, responsável pelo fluxo eficiente de bens e serviços dos fornecedores de matéria-prima aos clientes finais (MADANCIAN et al., 2024). Sua vertente orientada para a sustentabilidade parte do princípio de desenvolvimento de ações e práticas interconectadas, que restaurem e recuperem, de forma ampla, aqueles ambientes que foram destruídos pela ação humana.

A coordenação e a integração de todas as atividades empresariais, desde o fornecimento de matérias-primas até a distribuição de produtos acabados, com ênfase na sustentabilidade, podem ajudar as empresas a manter e fortalecer sua posição no mercado (YADAV et al., 2024). Porém, alcançar uma estratégia bem-sucedida de gestão da cadeia de suprimentos sustentável exige que as empresas avaliem as opiniões de seus *stakeholders* e levem em consideração a visão de múltiplas partes interessadas em uma perspectiva de sustentabilidade (KANNAN, 2018).

Os parâmetros a serem utilizados para ajustar a gestão sustentável, digital e otimizada da cadeia de suprimentos, segundo Dossou et al., (2024), são os seguintes:

- Planejamento e controle, organização global, coordenação da cadeia de suprimentos e seu monitoramento para os fundamentos da gestão da cadeia de suprimentos;
- Justiça, responsabilidade social, exemplaridade, confiança mútua e respeito ao próximo no quadro da ética;

- Equidade social, preservação do meio ambiente e eficiência econômica para uma gestão sustentável;
- Novas tecnologias, agilidade, mentalidade estrutural e exploração de ferramentas de IA para gestão digital da cadeia de suprimentos.

Em relação às práticas sustentáveis, as empresas devem adotar e incorporar atividades sustentáveis em toda a cadeia de suprimentos, tais como: produção enxuta – para minimizar o desperdício e melhorar a eficiência dos recursos, a adoção de conceitos de economia circular – para incentivar a reciclagem e a reutilização e a garantia de fornecimento ético – para aumentar a responsabilidade social (SAMUELS; PELSER, 2025).

2.3 Integração da IA na Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos

A inteligência artificial tem sido responsável pelo desenvolvimento acelerado de algumas áreas-chave da cadeia de suprimentos, tais como sistemas autônomos, análise preditiva aprimorada, iniciativas de sustentabilidade e redes colaborativas de cadeia de suprimentos, permitindo a tomada de decisões em tempo real, a previsão de tendências de mercado, a abordagem de questões de sustentabilidade e o aprimoramento da transparência e da coordenação entre as partes interessadas (MADANCIAN et al., 2024).

No processo gerencial, a IA possui a capacidade de compreender as nuances da linguagem natural por meio de padrões e sequências, recomendar decisões, adaptar-se com base em experiências de aprendizagem, aprimorar progressivamente suas interações fundamentadas no conhecimento adquirido e oferecer respostas mais sofisticadas e coerentes em interações prolongadas (HAENLEIN; KAPLAN, 2019; RICHEY et al., 2023). Um dos principais benefícios da IA na gestão da cadeia de suprimentos é sua capacidade de aprimorar a precisão das previsões e do planejamento da demanda pois governa o fluxo de mercadorias, informações e finanças em várias etapas do processo de produção e distribuição (MADANCIAN et al., 2024).

Tecnologias emergentes como a inteligência artificial, realidade aumentada, veículos autônomos, *blockchain* (tecnologia que armazena informações em blocos interconectados), análise de *big data* (grande conjunto de dados), inteligência de negócios, computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT), entre outras, formam um portfólio de inovações que marcaram profundamente a revolução dos modos de produção (HUANG et al., 2023). Mais especificamente, o ChatGPT é visto como uma ferramenta de IA disruptiva que pode ser usada em diferentes áreas do negócio, pois ele tem o potencial de impactar operações de compras, gestão de fornecedores, operações e manufatura, gestão de estoque, logística e gestão de relacionamento com o cliente, sendo a cadeia de suprimentos um ramo latente para aplicações potenciais desse importante instrumento (HADDUD, 2024).

Bourke (2019) destaca três impactos principais da IA na cadeia de suprimentos sustentável:

- **Eficiência energética:** Redução do consumo de energia por meio da automação inteligente,
- **Transparência da cadeia:** Melhoria na rastreabilidade e visibilidade das operações, o que favorece práticas éticas e ambientalmente responsáveis,
- **Decisão baseada em dados:** Algoritmos aprendem continuamente e tomam decisões que otimizam processos, reduzindo perdas e impacto ambiental.

As empresas devem ir além da mera adoção de IA generativa; elas precisam incorporar a IA em suas práticas de cadeia de suprimentos e alinhá-las com metas de sustentabilidade, pois a implementação bem-sucedida desse recurso requer uma abordagem holística que incorpore tecnologia, processos e práticas de sustentabilidade (LI et al., 2024). Assim, a transformação sustentável e digital da empresa melhorará o desempenho dos negócios, guiando-a em cada etapa de sua transformação de acordo com a capacidade econômica, as expectativas sociais e os objetivos ambientais da empresa (DOSSOU et al., 2024).

Por fim, as empresas que utilizam estrategicamente a IA na gestão de suas cadeias de suprimentos podem aumentar sua eficiência, reduzir custos, consumo de energia e geração de resíduos e se adaptar às demandas do mercado global através da simplificação de seus processos e da mudança na forma como elas competem um mundo interconectado (LI et al., 2024; MADANCIAN et al., 2024).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para responder ao objetivo da pesquisa, foi utilizada a metodologia de revisão integrativa. Essa abordagem facilita a análise abrangente da literatura existente sobre o tema, possibilitando o desenvolvimento de novos arcabouços analíticos pertinentes ao foco da pesquisa (TORRACO, 2016). A metodologia de revisão integrativa oferece uma síntese do conhecimento existente, incorporando a aplicação prática de descobertas de pesquisas-chave (SOUZA *et al.*, 2010), cujo objetivo é fornecer uma compreensão abrangente da base de conhecimento, avaliar criticamente as teorias existentes e expandir a estrutura teórica do tópico sob investigação (SNYDER, 2019).

O Quadro 1 traz, de forma resumida, as etapas desenvolvidas neste estudo, indicadas por Snyder (2019), sobre a construção de uma revisão integrativa.

Quadro 1 – Etapas da Revisão Integrativa.

Etapas da Revisão Integrativa	Objetivo analítico	Estratégia utilizada	Questões importantes
1. Concepção da revisão	Definição do tema e desenvolvimento da questão de pesquisa.	Pesquisa e leitura sobre o tema em revistas de alto impacto.	O propósito e a questão de pesquisa estão claramente definidos? Qual é a estratégia de pesquisa para esta revisão específica? (Termos de pesquisa, bases de dados, critérios de inclusão e exclusão, etc.)
2. Condução da revisão	Testar termos de pesquisa, filtros e os critérios de exclusão para delimitação da amostra e seleção efetiva da amostra.	Pesquisa com os termos “ <i>Artificial Intelligence</i> ” e “ <i>Sustainable Supply Chain Management</i> ” nas bases Scopus e Web of Science.	Qual é o plano prático para seleção de artigos? Como será documentado o processo de pesquisa e seleção?
3. Análise	Leitura dos artigos selecionados e codificação de suas características e percepções.	Marcações e anotações, registradas em planilhas e processadores de texto.	Que tipo de informação precisa ser abstraída para cumprir o propósito da revisão específica? Que tipo de informação é necessária para conduzir a análise específica?

4. Estruturação e redação da revisão	Análise e interpretação dos resultados.	Associar os resultados com a literatura pesquisada.	A motivação e a necessidade desta revisão são claramente comunicadas? O resultado da revisão é relatado de forma apropriada e clara? Que informações precisam ser incluídas na revisão?
---	---	---	---

Fonte – Adaptado de Snyder (2019).

3.1 Busca e seleção dos artigos

Primeiramente, para o levantamento dos documentos na literatura, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados internacionais *Scopus* e *Web of Science* (WoS), cujo objetivo foi localizar os artigos referentes ao tema e aos construtos pré-definidos. A busca pelos artigos foi feita com os seguintes termos no idioma Inglês: “*Artificial Intelligence*” (Inteligência Artificial) e “*Sustainable Supply Chain Management*” (Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos).

A consulta foi efetuada no campo tópico (título, resumo e palavras-chave), na tela de pesquisa principal das bases citadas previamente, escolhendo como primeiro filtro apenas os artigos de periódicos. O resultado inicial foi de 77 documentos na Scopus e 30 na WoS e, ao escolher aqueles pertencentes à área de *Business, Management and Accounting*, sobraram 15 registros – 11 na Scopus e 4 na WoS. Com a exclusão dos arquivos duplicados, restaram 12 artigos, os quais foram lidos na íntegra.

Como resultado final, a etapa de análise dos artigos selecionados se deu através de leitura crítica, marcações e registros em planilhas eletrônicas e processadores de texto, o que permitiu retirar dos trabalhos as informações relevantes a respeito da inteligência artificial e de suas implicações na gestão sustentável da cadeia de suprimentos, além das principais teorias relacionadas, conforme apresentado na seção de resultados.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A metodologia proposta por Snyder (2019) permitiu o levantamento de 12 artigos que integraram esta revisão integrativa, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2 – Artigos selecionados para a revisão

Autor / Ano	Periódico	Título
BOURKE, E., 2019	Journal of Self-Governance and Management Economics	Smart production systems in industry 4.0: Sustainable supply chain management, cognitive decision-making algorithms, and dynamic manufacturing processes
CATALDO, I. et al., 2022	Journal of Civil Engineering and Management	Sustainable Supply Chain Management in Construction: an exploratory review for future research
CHEN, Y. et al. 2025	International Journal of Production Economics	Value of blockchain for scope 3 carbon disclosure: The moderating role of data processing technologies
GONZALEZ, E. D. R. S. et al., 2015	Journal of Cleaner Production	Making real progress toward more sustainable societies using decision support models and tools: Introduction to the special volume

KANNAN, D., 2018	International Journal of Production Economics	Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process
LI, L. et al., 2024	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	Generative AI usage and sustainable supply chain performance: A practice-based view
QENAAT, B. et al., 2025	Future Business Journal	Toward inclusive growth: technology in development economics through the lens of bibliometric analysis
SAMUELS, A. B.; PELSER, A. M., 2025	SA Journal of Human Resource Management	Transitioning from Industry 4.0 to 5.0: Sustainable supply chain management and talent management insights
SUMARLIAH, E.; et al., 2023	Journal of Industrial Integration and Management	The Roles of Green Entrepreneurial Concerns and Sustainable Management of Supply Chains Post COVID-19
TARIQ, M. U., 2023	International Journal of Services and Operations Management	Role of artificial intelligence in the enabling sustainable supply chain management during COVID-19
USMAN, S., 2024	Operations and Supply Chain Management	The Impact of COVID-19 on Industry 4.0 Adoption: An Emerging Economy Perspective
YADAV, A.; et al., 2024	International Journal of Information Management Data Insights	Artificial intelligence applications for information management in sustainable supply chain management: A systematic review and future research agenda

Fonte – Os autores, com base na revisão integrativa (2025).

Os estudos analisados demonstram uma convergência crescente entre a utilização da inteligência artificial e a gestão sustentável da cadeia de suprimentos, especialmente diante de contextos incertos, como crises globais e transformações tecnológicas. De forma geral, os autores destacam que a IA está sendo cada vez mais empregada para melhorar a eficiência operacional, promover decisões baseadas em dados e integrar práticas sustentáveis nas cadeias globais. Bourke (2019), por exemplo, argumenta que algoritmos cognitivos e processos de manufatura inteligentes viabilizam decisões autônomas e adaptativas, reduzindo desperdícios e otimizando o uso de recursos.

No contexto de tecnologias emergentes mais recentes, Li et al. (2024) destacam a aplicação de IA generativa para simulação de cenários logísticos e previsão de consumo energético, contribuindo para decisões mais proativas e personalizadas e, conseqüentemente, para a melhoria do desempenho sustentável da cadeia de suprimentos. De modo semelhante, Yadav et al. (2024), em sua revisão sistemática, apontam que aplicações de IA na gestão de informações — como rastreabilidade de materiais, previsões de demanda e controle de emissão de carbono — são fundamentais para estruturar cadeias de suprimentos mais transparentes e para a mitigação de impactos ambientais.

A adoção de tecnologias de processamento de dados — IA, computação em nuvem e *Big Data* — fortalece ainda mais a relação positiva entre o *blockchain* e a gestão sustentável da cadeia de suprimentos, com sugestões práticas para a gestão das emissões de carbono no nível de toda a cadeia por meio da adoção combinada de tecnologias de processamento de dados (CHEN et al., 2025).

Denominada “gestão estratégica interorganizacional sustentável da cadeia de suprimentos” por Gonzalez et al. (2015), a administração desse nível envolve questões operacionais do chão de fábrica até decisões da alta cúpula empresarial, cuja amplitude e

complexidade dos problemas enfrentados pelas organizações e pela sociedade exigem aplicações de tecnologias inovadoras.

Tariq (2023) investiga como a IA foi utilizada durante a pandemia de COVID-19 para reconfigurar fluxos logísticos em tempo real, adaptando-se à escassez de materiais e interrupções nas cadeias globais, tendo sido decisiva para reduzir impactos sociais e ambientais negativos. Sumarliah et al. (2023), por sua vez, enfatizam a importância da IA para o fortalecimento de práticas regenerativas no pós-pandemia, destacando como “empreendedores verdes” passaram a utilizar essas tecnologias para mensurar impactos e planejar ações sustentáveis mais eficazes.

Além dos ganhos operacionais, outros autores sugerem que a IA também pode ser um meio de promover governança ambiental. Chen et al. (2025) analisam o uso de *blockchain* combinado com tecnologias de processamento de dados para aprimorar a divulgação de emissões indiretas de carbono ao longo da cadeia de valor. Essa convergência entre tecnologias também é vista como essencial para o cumprimento de metas ESG (Environmental, Social and Governance), particularmente no que diz respeito à rastreabilidade de fornecedores e à avaliação de riscos ambientais.

Ao alinhar as estratégias de gestão de pessoas com os princípios da sustentabilidade corporativa e da produção enxuta, é possível criar um impacto sinérgico que melhora o desempenho corporativo e contribui para um futuro mais sustentável (SAMUELS; PELSER, 2025). Kannan (2018) afirma que, para atingir e manter uma posição estratégica no competitivo mercado global, é essencial que as organizações considerem as demandas e os interesses de seus *stakeholders* em relação aos três pilares da sustentabilidade, através da identificação dos fatores críticos de sucesso mais relevantes.

Diferentes técnicas de inteligência artificial aprimoram a produtividade do sistema avançado da cadeia de suprimentos, como redes neurais artificiais, aprendizado de máquina e algoritmo genético, cuja adoção por parte das empresas, revolucionou o mundo dos negócios, abrangendo diferentes funções, tarefas e procedimentos, modelos de negócios e estilos de gestão, o que pode ser observado em todo o mundo (TARIQ, 2023). Ao incorporar os princípios do desenvolvimento sustentável à gestão da cadeia de suprimentos e priorizar fatores ambientais, as organizações podem aprimorar seu desempenho geral em sustentabilidade e contribuir para um ecossistema corporativo mais consciente em relação ao meio ambiente (SAMUELS; PELSER, 2025).

Com base na análise dos artigos selecionados, foi elaborado um quadro com a síntese das informações encontradas, em função do objetivo de pesquisa. O Quadro 3 apresenta as principais contribuições, enfoques e implicações do uso da IA no contexto da gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

Quadro 3 – Contribuições relevantes a respeito das tecnologias emergentes e suas implicações na gestão sustentável da cadeia de suprimentos.

Autores	Contribuição Central	Tecnologias/Enfoques	Implicações para Cadeia Sustentável
BOURKE, E., 2019	Integra sistemas inteligentes à manufatura sustentável na Indústria 4.0.	IA, algoritmos cognitivos, manufatura dinâmica.	Redução de desperdícios, uso eficiente de energia e produção flexível.

CATALDO, I. et al., 2022	Analisa práticas sustentáveis na construção civil através da gestão sustentável da cadeia de suprimentos.	Gestão inteligente de armazéns e migração dos sistemas de transporte logístico manual para eletrônicos.	Destaca desafios específicos do setor da construção para implementar a GSCS.
CHEN, Y. et al. 2025	Investiga como o <i>blockchain</i> melhora a transparência da emissão de carbono.	<i>Blockchain</i> , Inteligência Artificial e <i>Big Data</i> .	Transparência e rastreabilidade de emissões na cadeia de suprimentos.
GONZALEZ, E. D. R. S. et al., 2015	Integração de modelos descritivos, preditivos e prescritivos e métodos de solução para problemas de sustentabilidade.	Modelos de suporte à decisão, simulação de cenários envolvendo modelagem computacional.	Fornecer ferramentas úteis para tomada de decisão sustentável.
KANNAN, D., 2018	Estuda a seleção sustentável de fornecedores com múltiplos <i>stakeholders</i> .	Foco em gestão estratégica e colaborativa.	Destaca a importância da colaboração e critérios sustentáveis na escolha de fornecedores.
LI, L. et al., 2024	Relação entre o uso de IA generativa e o desempenho sustentável da cadeia de suprimentos	IA Generativa.	Melhoria de desempenho sustentável com IA generativa.
QENAAT, B. et al., 2025	Ênfase na importância do uso de tecnologias digitais para apoiar o progresso econômico, ambiental e social em economias emergentes.	Tecnologias digitais, IA, Agenda verde, Cidades inteligentes e indústria 4.0.	O desenvolvimento futuro de novas economias será baseado em fatores inteligentes, sustentáveis e digitais.
SAMUELS, A. B.; PELSER, A. M., 2025	Incorporação de tecnologias digitais nas cadeias de suprimentos e ênfase em práticas que priorizam o bem-estar e a sustentabilidade.	Análise de dados e automação nas rotinas organizacionais. Gestão de projetos de engenharia e implementação de tecnologia avançada de IA.	Integra talento humano + sustentabilidade. Aprimoramento dos fluxos de trabalho, otimização de recursos e conscientização sobre as vantagens da IA.
SUMARLIAH, E. et al., 2023	Gestão sustentável de cadeias de suprimento no pós-pandemia com foco em empreendedorismo verde.	Tecnologias digitais como inteligência artificial e a <i>big data</i> como moderadores entre o Empreendedorismo Verde e a GSCS.	O foco na adoção da GSCS e das tecnologias digitais acaba aumentando os ganhos competitivos das empresas.
TARIQ, M. U., 2023	As tecnologias digitais podem ajudar a redesenhar procedimentos operacionais, aumentando a produtividade, reduzindo custos e aumentando a eficiência.	Redes neurais artificiais, aprendizado de máquina e algoritmo genético.	IA como suporte à resiliência e sustentabilidade.
USMAN, S., 2024	Impactos da COVID-19 na adoção da Indústria 4.0 em economias emergentes.	Inteligência artificial e algoritmos de aprendizado de máquina.	Adoção tecnológica forçada em países emergentes.
YADAV, A.; et al., 2024	Explora aplicações de IA para melhorar a gestão de informações e a sustentabilidade nas cadeias de suprimentos.	Benefícios, desafios e principais fatores de sucesso da IA na gestão da cadeia de suprimentos.	Revisão de IA para Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos.

Fonte – Os autores, com base na revisão integrativa (2025).

Por fim, os estudos também evidenciam a importância de alinhar tecnologias inteligentes com a gestão estratégica e humana. Samuels e Pelsler (2025) exploram a transição da Indústria 4.0 para a 5.0, destacando que a IA não deve apenas otimizar processos, mas

também incorporar valores humanos e sociais na gestão da cadeia. Segundo os autores, a colaboração entre agentes humanos e sistemas inteligentes é fundamental para alcançar uma cadeia verdadeiramente sustentável. Dessa forma, a literatura aponta que a IA, quando bem aplicada, não apenas melhora o desempenho logístico, mas também promove um novo paradigma de sustentabilidade, mais integrado, ético e orientado por dados.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os achados desta revisão integrativa revelam que a IA tem se consolidado como um vetor estratégico para a promoção de cadeias de suprimentos mais sustentáveis, resilientes e inteligentes. A literatura recente evidencia uma transformação paradigmática: antes centrada apenas no lucro e na eficiência operacional, a gestão da cadeia de suprimentos passa a incorporar preocupações ambientais, sociais e éticas, com a IA atuando como mediadora desse processo. Essa transformação é particularmente observada em contextos marcados pela volatilidade, como a pandemia de COVID-19 (TARIQ, 2023; USMAN, 2024), onde a IA foi aplicada para ajustar processos logísticos e preservar a continuidade operacional com menor impacto ambiental e social.

Exemplos práticos podem ser vistos em algumas empresas, tais como: programas de devolução de embalagens, coleta de eletrônicos usados, pneus, baterias e até medicamentos vencidos. Todas essas ações visam retirar esses produtos de circulação ou melhorar o valor de revenda dos produtos devolvidos, utilizando componentes ou partes de peças em novos produtos ou ainda extraindo material para uso como matéria-prima (AGRAWAL; SINGH, 2019).

A análise dos artigos mostra que os autores convergem quanto ao potencial da IA para gerar decisões autônomas, preditivas e adaptativas, qualificando a gestão sustentável em múltiplas dimensões. Bourke (2019) e Li et al. (2024) destacam o uso de algoritmos cognitivos e modelos generativos de IA como ferramentas fundamentais para melhorar o desempenho da cadeia e mitigar desperdícios, ao mesmo tempo em que permitem uma resposta ágil a flutuações na demanda ou mudanças regulatórias. Por sua vez, Yadav et al. (2024) argumentam que o avanço da IA em plataformas de gestão de dados amplia a visibilidade e rastreabilidade das cadeias, favorecendo práticas alinhadas a métricas ESG e promovendo a responsabilização corporativa.

Apesar do avanço tecnológico, alguns desafios persistem quanto à implementação prática da IA em cadeias de suprimentos sustentáveis, especialmente em economias emergentes. Usman (2024) destaca que, embora a pandemia tenha acelerado a adoção de tecnologias digitais, ainda há lacunas estruturais, como a ausência de infraestrutura de dados e capacitação técnica, que limitam o pleno aproveitamento dessas soluções. Além disso, Samuels e Pelser (2025) introduzem uma perspectiva crítica ao propor uma transição para a Indústria 5.0, na qual a IA deve ser integrada a estratégias de valorização do capital humano e do bem-estar social, e não apenas orientada por métricas de eficiência.

Nesse contexto, é essencial que as decisões ambientais, sociais e econômicas tomadas pela sociedade e pelas organizações estejam alinhadas aos limites ecológicos do planeta. O uso eficiente dos recursos naturais em toda a cadeia de suprimentos não é apenas economicamente vantajoso, mas também garante a disponibilidade de recursos críticos tanto para a humanidade quanto para as operações comerciais futuras.

Apesar do seu potencial transformador, a adoção da IA na gestão da cadeia de suprimentos enfrenta alguns desafios, incluindo a necessidade de uso responsável,

considerações éticas e mitigação de vieses na tomada de decisões (TEIXEIRA et al., 2025). Além disso, os benefícios do uso de IA para a cadeia de suprimentos são percebidos apenas quando ele é perfeitamente incorporado às práticas sustentáveis de toda a cadeia logística da empresa (LI et al., 2024).

Em síntese, a discussão revela que, embora a IA esteja em estágio avançado de aplicação em algumas cadeias globais, sua adoção em escala ampla e sustentável depende de uma combinação de fatores técnicos, humanos, regulatórios e estratégicos. A literatura indica que os maiores benefícios surgem quando a IA é utilizada não de forma isolada, mas integrada a estratégias organizacionais de longo prazo, sensíveis ao contexto social e ambiental em que a cadeia está inserida.

Assim, no contexto da gestão da cadeia de suprimentos, a integração exitosa entre a inteligência artificial e a sustentabilidade é primordial. Essa associação permite a união de esforços para atingir objetivos sustentáveis e de maior eficiência. Em suma, tanto estruturas baseadas em sustentabilidade, resiliência e tecnologia enfatizam a importância do alinhamento entre as principais métricas de desempenho e os objetivos ambientais, indicando que essas abordagens são facilitadores essenciais para a otimização das operações da cadeia de suprimentos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão integrativa permitiu identificar e sintetizar as principais contribuições teóricas e práticas sobre o papel da inteligência artificial na promoção da sustentabilidade em cadeias de suprimentos. Com base nos artigos científicos analisados, observou-se uma tendência crescente de incorporação da IA como ferramenta de suporte à decisão, otimização de recursos, monitoramento ambiental e eficiência operacional.

Os estudos analisados apontam que, em conjunto com tecnologias como *blockchain* e *Big Data*, a IA tem potencial para transformar radicalmente a forma como as empresas estruturam, monitoram e ajustam suas cadeias produtivas em direção a padrões mais sustentáveis. Modelos preditivos, sistemas cognitivos e algoritmos generativos emergem como elementos centrais para essa transformação, oferecendo maior agilidade e precisão na gestão de riscos ambientais e sociais.

Ao compreender a natureza integrativa e interdependente da sustentabilidade na cadeia de suprimentos, é possível obter uma perspectiva de todo o sistema pelo qual a sociedade, a natureza e as economias possam co-evoluir e prosperar. Verifica-se também que a adoção de sistemas de inteligência artificial promovem a ação dos seres humanos e sua conexão com todo o complexo logístico.

Entretanto, a literatura também ressalta desafios importantes. Em muitos contextos, sobretudo em países em desenvolvimento, ainda persistem obstáculos como falta de infraestrutura tecnológica, escassez de dados confiáveis e ausência de políticas públicas que incentivem a inovação sustentável. Além disso, autores como Samuels e Pelser (2025) alertam que a transição para modelos sustentáveis mais maduros requer uma abordagem humanizada e ética, articulando tecnologia e inclusão social.

Dessa forma, conclui-se que a IA pode ser uma aliada poderosa para a gestão sustentável da cadeia de suprimentos, desde que aplicada de forma estratégica, integrada e orientada por valores de responsabilidade socioambiental. Da mesma maneira, está clara a necessidade de

novas abordagens e soluções que nos posicionem em um caminho de transição acelerada para um modelo melhor de desenvolvimento de um sistema econômico mais sustentável.

Para pesquisas futuras, é recomendado que sejam feitos estudos sobre a aplicabilidade de inteligência artificial em práticas de sustentabilidade no âmbito da cadeia de suprimentos em associação aos ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (UN, 2015). Sugere-se ainda, explorar áreas como sistemas de inteligência artificial regenerativa (NOBRE, 1995) — para compreender processos de adaptação e aprendizagem que podem transformar empresas em potenciais organismos geradores de sustentabilidade regenerativa — e utilizar indicadores de níveis de maturidade no desenvolvimento de atividades sustentáveis nas diversas áreas da logística empresarial.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, Saurabh; SINGH, Rajesh Kr. Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: Triple Bottom Line approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 150, p. 104448, nov. 2019.
- ANN MATHEWS, R. et al. Survey on Warehouse Monitoring and Management using AI. **International Journal of Advances in Engineering and Management**, v. 6, n. 11, p. 391–397, nov. 2024.
- BIRKLE, C. et al. Web of Science as a data source for research on scientific and scholarly activity. **Quantitative Science Studies**, v. 1, n. 1, p. 363–376, fev. 2020.
- BOURKE, E. Smart production systems in industry 4.0: Sustainable supply chain management, cognitive decision-making algorithms, and dynamic manufacturing processes. **Journal of Self-Governance and Management Economics**, v. 7, n. 2, p. 25–30, 2019.
- BOWERSOX, Donald; CLOSS, David; COOPER, M. B. **Gestão da cadeia de suprimentos e logística**. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- CATALDO, I. et al. Sustainable Supply Chain Management in Construction: an exploratory review for future research. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 28, n. 7, p. 536–553, 2022.
- CHEN, Y. et al. Value of blockchain for scope 3 carbon disclosure: The moderating role of data processing technologies. *International Journal of Production Economics*, v. 279, 2025.
- DANACH, K.; DIRANI, A. E.; RKEIN, H. Revolutionizing Supply Chain Management With AI: A Path to Efficiency and Sustainability. **IEEE Access**, v. 12, p. 188245–188255, 2024.
- DEMASTUS, J.; LANDRUM, N.E. Organizational sustainability schemes align with weak sustainability. **Business Strategy and the Environment**, v. 33, n. 2, p. 707-725, 2023.
- DOSSOU, Paul-Eric; ALVAREZ-DE-LOS-MOZOS, Esther; PAWLEWSKI, Pawel. A Conceptual Framework for Optimizing Performance in Sustainable Supply Chain Management and Digital Transformation towards Industry 5.0. **Mathematics**, v. 12, n. 17, p. 2737, 2 set. 2024.
- DYLLICK, T.; MUFF, K. Clarifying the meaning of sustainable business: Introducing a typology from business-as-usual to true business sustainability. **Organization & Environment**, v. 29, n. 2, p. 156–174, 2016.
- ELKINGTON, John. **Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone, 1997.

- GÓMEZ GANDÍA, José Andrés, et al. Towards sustainable business in the automation era: Exploring its transformative impact from top management and employee perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 210, p. 123908, jan. 2025.
- GONZALEZ, E. D. R. S. et al. Making real progress toward more sustainable societies using decision support models and tools: Introduction to the special volume. **Journal of Cleaner Production**, v. 105, p. 1–13, 2015.
- HADDUD, Abubaker. ChatGPT in supply chains: exploring potential applications, benefits and challenges. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 35, n. 7, p. 1293–1312, 18 nov. 2024
- HAENLEIN, Michael; KAPLAN, Andreas. A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. **California Management Review**, v. 61, n. 4, p. 5–14, ago. 2019.
- HUANG, Kerry et al. The impact of industry 4.0 on supply chain capability and supply chain resilience: A dynamic resource-based view. **International Journal of Production Economics**, v. 262, p. 108913, ago. 2023.
- KANNAN, D. Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process. **International Journal of Production Economics**, v. 195, p. 391–418, 2018.
- LI, L. et al. Generative AI usage and sustainable supply chain performance: A practice-based view. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 192, 2024.
- MADANCIAN, Mitra et al. The Impact of Artificial Intelligence on Supply Chain Management in Modern Business. In: FARHAOUI, Yousef *et al.* (Orgs.). **Artificial Intelligence, Data Science and Applications**. Lecture Notes in Networks and Systems. Cham: Springer Nature Switzerland, v. 838 p. 566–573, 2024.
- MAGETO, J. Current and Future Trends of Information Technology and Sustainability in Logistics Outsourcing. **Sustainability**, v. 14, n. 13, p. 7641, 23 jun. 2022.
- MALEKI, H. et al. Disentangling sustainability and resiliency factors in buyer-supplier relationships: A state-of-the-art review. **Journal of Business Research**, v. 164, p. 114037, set. 2023.
- NISHAR, S. Intelligent Decision-Making in Warehouse Management: How AI Automation Improves Inventory Tracking, Order Fulfillment, and Logistics Efficiency Compared to Drone Technology. **Intelligent Control and Automation**, v. 15, n. 01, p. 1–8, 2024.
- NOBRE, F.S. Genetic-Neuro-Fuzzy Systems: A Promising Fusion. **IEEE International Conference on Fuzzy Systems - FUZZ-IEEE/IFES**, Yokohama, Japan, 20-24 March 1995.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório de Progresso 2018: Marco de Parceria das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável 2017-2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2021-02/Brasil_Relatorio_progresso_2018.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- QENAAT, B. et al. Toward inclusive growth: technology in development economics through the lens of bibliometric analysis. **FUTURE BUSINESS JOURNAL**, v. 11, n. 1, 26 mar. 2025.

- RICHEY, Robert Glenn et al. Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research. **Journal of Business Logistics**, v. 44, n. 4, p. 532–549, out. 2023.
- ROSHANPOUR, R.; PARSANEJAD, M.; PISHVAEE, MS. An AI-ISM Methodology for Structural Modeling of Sustainable Supply Chain Management Drivers. **IEEE ACCESS**, v. 13, p. 76481–76496, 2025.
- SAMUELS, A. B.; PELSER, A. M. Transitioning from Industry 4.0 to 5.0: Sustainable supply chain management and talent management insights. **SA Journal of Human Resource Management**, v. 23, 2025.
- SNYDER, Hannah. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 333–339, nov. 2019.
- SOUZA, M. T. D.; SILVA, M. D. D.; CARVALHO, R. D. Integrative review: what is it? How to do it? **Einstein (São Paulo)**, v. 8, n. 1, p. 102–106, mar. 2010.
- SUMARLIAH, E.; AMRULLAH, N. I. H.; AL-HAKEEM, B. The Roles of Green Entrepreneurial Concerns and Sustainable Management of Supply Chains Post COVID-19. **Journal of Industrial Integration and Management**, 2023.
- TARIQ, M. U. Role of artificial intelligence in the enabling sustainable supply chain management during COVID-19. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 44, n. 1, p. 115–135, 2023.
- TEIXEIRA, António R.; FERREIRA, José Vasconcelos; RAMOS, Ana Luísa. Intelligent Supply Chain Management: A Systematic Literature Review on Artificial Intelligence Contributions. **Information**, v. 16, n. 5, p. 399, 13 maio 2025.
- TORRACO, Richard J. Writing Integrative Reviews of the Literature: Methods and Purposes. **International Journal of Adult Vocational Education and Technology**, v. 7, n. 3, p. 62–70, 1 jul. 2016.
- UN – UNITED NATIONS. **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development**. A/RES/70/1. United Nations: Geneva, 2015. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- USMAN, S. The Impact of COVID-19 on Industry 4.0 Adoption: An Emerging Economy Perspective. **Operations and Supply Chain Management**, v. 17, n. 2, p. 284–298, 2024.
- YADAV, A.; GARG, R. K.; SACHDEVA, A. Artificial intelligence applications for information management in sustainable supply chain management: A systematic review and future research agenda. **International Journal of Information Management Data Insights**, v. 4, n. 2, 2024.