

## A Indústria 4.0 E A Sustentabilidade Em Redes De Suprimentos Locais: Desafios E Oportunidades Para A Transformação Digital

José Carlos Beker, Adriana Patrícia Ferreira Do Carmo<sup>2</sup>,  
Antônio José De Souza<sup>3</sup>, Breno Henrique Azevedo Bezerra De Sousa<sup>4</sup>,  
Elclesio Duarte De Oliveira<sup>5</sup>, Hugo Silva Ferreira<sup>6</sup>,  
Isidro José Bezerra Maciel Fortaleza Do Nascimento<sup>7</sup>,  
Jorge Martins Fagundes<sup>8</sup>, Lucas Braga De Barros<sup>9</sup>,  
Pricila Caroline Do Nascimento<sup>10</sup>, Rafael Soares Cardoso<sup>11</sup>,  
Robson De Araújo Braga<sup>12</sup>, Romara Holanda Lima<sup>13</sup>, Tiago Luz De Oliveira<sup>14</sup>,  
Kleberson De Oliveira<sup>15</sup>

<sup>1</sup>(Doutorando Em Administração, Faculdade Interamericana De Ciências Sociais, Paraguai)

<sup>2</sup>(Mestranda Em Administração, Miami University Of Science And Technology, Estados Unidos)

<sup>3</sup>(Mestrando Em Administração, Miami University Of Science And Technology, Estados Unidos)

<sup>4</sup>(Mestrando Em Administração, Miami University Of Science And Technology, Estados Unidos)

<sup>5</sup>(Mestrando Em Administração, Miami University Of Science And Technology, Estados Unidos)

<sup>6</sup>(Doutorando Em Administração, Faculdade Interamericana De Ciências Sociais, Paraguai)

<sup>7</sup>(Doutor Em Educação, Universidade De São Paulo, Brasil)

<sup>8</sup>(Mestre Em História, Universidade Vassouras, Brasil)

<sup>9</sup>(Mestrando Em Administração, Miami University Of Science And Technology, Estados Unidos)

<sup>10</sup>(Mestranda Em Administração, Miami University Of Science And Technology, Estados Unidos)

<sup>11</sup>(Mestrando Em Avaliação, Faculdade Cesgranrio, Brasil)

<sup>12</sup>(Mestrando Em Administração, Miami University Of Science And Technology)

<sup>13</sup>(Mestranda Em Administração, Miami University Of Science And Technology)

<sup>14</sup>(Mestre Em Engenharia De Produção, Universidade Federal Do Amazonas, Brasil)

<sup>15</sup>(Doutorando Em Medicina Tropical E Infectologia, Universidade Federal Do Triângulo Mineiro, Brasil,)

---

### Abstract:

**Background:** A integração das tecnologias da Indústria 4.0 — como internet das coisas, inteligência artificial e manufatura aditiva — tem revolucionado os sistemas produtivos e cadeias de suprimentos em escala global, ampliando as possibilidades de sustentabilidade. No entanto, as redes de suprimentos locais permanecem diante de barreiras significativas à transformação digital sustentável, incluindo limitações de infraestrutura, capacitação e integração tecnológica. Este estudo objetiva analisar de que forma a sinergia entre Indústria 4.0 e práticas sustentáveis pode fortalecer a resiliência e a adaptabilidade em cadeias locais de baixa maturidade digital.

**Materials and Methods:** Trata-se de uma revisão sistemática qualitativa da literatura, realizada na base Web of Science – Core Collection. A busca utilizou termos como: “Indústria 4.0”, “Sustentabilidade”, “Economia Circular”, “Cadeia de Suprimentos”, “Transformação Digital” e “Desenvolvimento Sustentável”. O recorte abrangeu o período de 2021 a 2025, com seleção de artigos científicos de acesso aberto voltados para ciências sociais, engenharia e estudos ambientais. Foram identificados inicialmente 4.300 artigos, reduzidos a 14 altamente relevantes após triagem rigorosa por título, resumo e palavras-chave. A análise focou em barreiras tecnológicas e institucionais, soluções adaptativas e práticas colaborativas para transformação digital sustentável em ambientes produtivos locais.

**Results:** The mean time of onset of sensory and motor block, 2 segment regression and duration of motor block was comparable and statistically not significant between the two groups. The duration of postoperative analgesia was significantly prolonged with Buprenorphine compared to Nalbuphine with Bupivacaine ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Intrathecal Bupivacaine with Buprenorphine 60µg caused prolonged duration of postoperative analgesia when compared to intrathecal Bupivacaine with Nalbuphine 2mg.

**Key Word:** Indústria 4.0; Sustentabilidade; Redes de Suprimento Locais; Transformação Digital; Economia Circular; Barreiras Tecnológicas; Maturidade Digital

-----  
Date of Submission: 16-07-2025

Date of acceptance: 26-07-2025  
-----

## **I. Introduction**

As tecnologias associadas à Indústria 4.0 — como internet das coisas, inteligência artificial e manufatura aditiva — vêm revolucionando os sistemas produtivos e redes de suprimento em escala global, promovendo maior eficiência e possibilidades concretas de avanço em sustentabilidade (Liao et al., 2017).

No entanto, quando se trata de redes de suprimentos locais, os desafios relacionados à infraestrutura, capacitação e integração tecnológica ainda limitam a efetividade dessa transformação digital sustentável. A literatura carece de sínteses que abordem simultaneamente os entraves e as oportunidades associados à aplicação da Indústria 4.0 em contextos locais, especialmente nos elos mais frágeis das cadeias produtivas.

Nesse sentido, este estudo busca responder à seguinte pergunta: Como a integração entre tecnologias da Indústria 4.0 e práticas sustentáveis pode fortalecer a resiliência e promover cadeias de suprimento mais humanas e adaptáveis em contextos locais e de baixa maturidade digital?  
(10)

### **Discussão Teórica**

A sustentabilidade tem evoluído como um dos pilares centrais das agendas globais, impulsionando a construção de políticas ambientais, sociais e econômicas integradas. A implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) fortalece a necessidade de articular práticas produtivas com estratégias ambientais e sociais em múltiplos setores, evidenciando que o desenvolvimento econômico não pode ser dissociado da preservação ambiental e da equidade social. Essa integração, no entanto, enfrenta barreiras institucionais, financeiras e operacionais que limitam a adoção sistêmica de práticas sustentáveis, especialmente em ambientes regionais e periféricos (Sousa et al., 2025).

O papel das tecnologias verdes na transição para a economia circular reforça a importância da inovação tecnológica como eixo viabilizador da sustentabilidade industrial. O desenvolvimento e a aplicação de tecnologias como blockchain, internet das coisas, big data e energias renováveis contribuem para aumentar a eficiência produtiva, minimizar impactos ambientais e promover rastreabilidade de processos, desde que haja uma articulação adequada entre os diferentes atores envolvidos (Santos et al., 2025). A literatura reconhece que a adoção dessas tecnologias ainda é desigual, sendo mais concentrada em grandes centros industriais, o que amplia a necessidade de abordagens adaptativas e sensíveis ao contexto local.

O terceiro setor desempenha um papel relevante na consolidação de práticas sustentáveis e na inovação social, contribuindo para ampliar o alcance das políticas ambientais e fortalecer a resiliência das redes produtivas locais. A formação de parcerias intersetoriais e a construção de redes colaborativas são estratégias eficazes para superar barreiras estruturais e promover soluções integradas que contemplem a sustentabilidade de forma ampla e efetiva (Matos et al., 2025). Essas conexões entre empresas, governos e organizações sociais viabilizam a implantação de práticas sustentáveis mesmo em ambientes produtivos de baixa maturidade digital.

A governança colaborativa emerge como um elemento estratégico para potencializar a integração das tecnologias da Indústria 4.0 com as agendas de sustentabilidade. A construção de ambientes produtivos resilientes requer a cooperação entre diferentes atores e o fortalecimento de redes institucionais que garantam o compartilhamento seguro de informações, a coordenação de esforços e a adaptação das soluções às especificidades regionais (Monteiro et al., 2025).

A Indústria 4.0 representa um marco de transformação nos sistemas produtivos ao integrar tecnologias como internet das coisas, big data, inteligência artificial e manufatura avançada. Essa revolução tecnológica tem potencial para reconfigurar profundamente os ambientes produtivos, tornando-os mais conectados, responsivos e eficientes em termos ambientais (Liao et al., 2017).

Em contextos regionais, como nas cadeias produtivas amazônicas e nas bioindústrias locais, a transformação digital enfrenta desafios operacionais intensos relacionados à variabilidade de oferta, infraestrutura logística precária e alto nível de incerteza. Mesmo com a aplicação de métodos avançados de decisão multicritério, como SAW, TOPSIS e PROMETHEE II combinados com lógica fuzzy, as soluções precisam ser ajustadas ao contexto local e devem considerar as limitações operacionais dos pequenos fornecedores amazônicos (Santos, 2020).

Do ponto de vista da sustentabilidade, os ganhos associados à Indústria 4.0 são atribuídos principalmente à automação e à digitalização, que permitem a otimização do uso de recursos, a redução de resíduos e a rastreabilidade de processos. Essas capacidades tecnológicas favorecem práticas como logística reversa, análise preditiva de consumo e eficiência energética, alinhando os sistemas produtivos a princípios de economia circular (Stock; Seliger, 2016).

Contudo, esses benefícios não são igualmente acessíveis em todos os contextos. Ambientes produtivos locais frequentemente enfrentam restrições estruturais como infraestrutura obsoleta, capital limitado e ausência de capacitação tecnológica. Tais barreiras dificultam a incorporação plena dos pilares da Indústria 4.0, criando um descompasso entre o potencial teórico e a aplicação prática em regiões descentralizadas (Bag, Pretorius e Gupta, 2021).

Além da maturidade digital, a construção de ambientes produtivos resilientes se estabelece como elemento essencial para assegurar a continuidade operacional e minimizar os impactos de interrupções em mercados locais e regionais. Elementos como agilidade, velocidade, visibilidade e cultura de gerenciamento de riscos se mostram decisivos para o fortalecimento dos sistemas produtivos que operam sob condições adversas (Freitas, Rangel e Araujo, 2024).

A incorporação das tecnologias 4.0 deve ocorrer de forma incremental e adaptada, respeitando os diferentes níveis de maturidade digital presentes em cada ambiente produtivo. Esse modelo híbrido busca combinar as vantagens tecnológicas com as realidades operacionais locais, ampliando a viabilidade da transformação digital sustentável em territórios fora dos grandes centros industriais (De Sousa Jabbour et al., 2018).

A articulação entre Indústria 4.0 e sustentabilidade exige a formação de estruturas colaborativas que permitam o compartilhamento de informações, a integração de diferentes segmentos econômicos e a construção de soluções conjuntas. A governança colaborativa contribui para viabilizar essa integração, especialmente em ambientes produtivos locais que dependem da cooperação entre empresas, instituições públicas e organizações sociais (Monteiro et al., 2025).

O fortalecimento das redes colaborativas acelera a adoção de tecnologias digitais e amplia a capacidade de adaptação dos ambientes produtivos frente a desafios ambientais e operacionais. A formação de alianças estratégicas entre diferentes atores possibilita o desenvolvimento de soluções compatíveis com as limitações regionais e promove a inclusão de práticas sustentáveis no cotidiano operacional (Monteiro et al., 2025).

A construção de ambientes produtivos resilientes e sustentáveis também requer investimentos simultâneos em tecnologias digitais e no fortalecimento do capital social. A combinação entre confiança institucional, cooperação interorganizacional e inovação tecnológica cria estruturas produtivas mais robustas e menos vulneráveis a disrupções e variações de mercado (Monteiro et al., 2025).

Lideranças transformacionais são essenciais para consolidar ambientes colaborativos e acelerar a integração da sustentabilidade nos processos produtivos. O sucesso das práticas digitais sustentáveis depende da capacidade das lideranças em promover flexibilidade, abertura e confiança nas relações institucionais (Monteiro et al., 2025).

O gerenciamento dos ambientes produtivos no contexto da Indústria 4.0 requer consciência sobre a complexidade dos sistemas sociais e tecnológicos. As operações precisam ser tratadas como estruturas adaptativas que demandam aprendizado contínuo, ajustes dinâmicos e estratégias flexíveis para responder aos desafios de sustentabilidade (Monteiro et al., 2025). A construção de sistemas produtivos conectados, resilientes e humanizados depende da combinação equilibrada entre inovação tecnológica, desenvolvimento social e viabilidade regional.

## **II. Material And Methods**

Este estudo é caracterizado como uma revisão sistemática da literatura com abordagem qualitativa, cujo objetivo foi identificar e analisar os desafios e oportunidades para a transformação digital sustentável em ambientes produtivos locais à luz da Indústria 4.0. A coleta de dados foi realizada na base de dados Web of Science – Core Collection, considerada uma das mais relevantes para estudos de impacto internacional.

A estratégia de busca foi elaborada com o uso de operadores booleanos, considerando os seguintes termos: “Industry 4.0” AND “Sustainability” OR “Circular Economy” AND “Supply Chain” OR “Digital Transformation” AND “Sustainable Development”. A combinação desses termos permitiu capturar produções científicas relacionadas à integração das tecnologias da Indústria 4.0 com práticas sustentáveis em diferentes setores produtivos.

O período de coleta foi delimitado entre 2021 e 2025, priorizando publicações recentes que refletissem o estado atual da literatura e as tendências emergentes sobre o tema. Foram aplicados os seguintes filtros: acesso aberto (Open Access), tipo de documento restrito a artigos científicos e foco nas áreas de Ciências Sociais, Engenharia e Estudos Ambientais. Após a aplicação dos critérios de busca, foram inicialmente retornados 4.300 resultados.

Para assegurar a relevância e qualidade da amostra, foram realizados refinamentos adicionais que incluíram a exclusão de artigos duplicados, publicações irrelevantes e estudos fora do escopo temático. Após esses filtros, restaram 417 artigos potencialmente aderentes. O processo de seleção envolveu a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, sendo selecionados os 14 artigos que apresentaram aderência extrema ao

tema, abordando diretamente a relação entre Indústria 4.0, sustentabilidade, economia circular, transformação digital e desafios em redes locais.

Além da coleta sistemática na Web of Science, o funil teórico foi complementado com obras adicionais externas à base, produzidas por pesquisadores nacionais e disponíveis em outras bases indexadas, que discutem temas correlatos como governança colaborativa, inovação social, integração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), tecnologias verdes e políticas ambientais. Esses artigos foram criteriosamente selecionados para enriquecer a discussão teórica e ampliar a compreensão sobre a aplicabilidade da transformação digital sustentável em ambientes produtivos regionais.

O procedimento de análise foi conduzido por meio de leitura crítica e extração das principais contribuições teóricas, com especial atenção para as abordagens que discutem barreiras institucionais, limitações tecnológicas, soluções adaptativas e práticas colaborativas. O material selecionado foi interpretado à luz dos objetivos da pesquisa e organizado de forma encadeada para subsidiar a construção da discussão teórica.

### **III. Result And Discussion**

Esta seção apresenta a discussão dos resultados obtidos a partir da categorização dos artigos selecionados. Os artigos foram organizados em três categorias principais que representam os focos convergentes das evidências empíricas: (i) Transição Tecnológica e Paradigma Humano; (ii) Integração Indústria 4.0 com Economia Circular e Sustentabilidade; e (iii) Inteligência Artificial como Viabilizadora de Sustentabilidade. Os resultados analisados apontam caminhos distintos e complementares para a evolução dos sistemas produtivos em direção a práticas mais sustentáveis, resilientes e centradas no ser humano.

#### **1. Transição Tecnológica e Paradigma Humano**

Adel (2022) destaca que a transição para a Indústria 5.0 representa uma mudança de foco em relação à Indústria 4.0, ao enfatizar a colaboração entre humanos e máquinas como elemento estratégico. Os resultados sugerem que a personalização de produtos, a integração de tecnologias como big data, blockchain e digital twins, e o foco em soluções humanizadas devem impulsionar as cadeias produtivas para novos patamares de competitividade e eficiência com centralidade humana.

Na mesma direção, Hassoun et al. (2023) evidenciam que a Indústria 4.0 aplicada ao setor alimentício tem contribuído para transformações significativas nas práticas produtivas, apontando que a combinação simultânea de tecnologias digitais, sensores inteligentes, inteligência artificial e robótica tem potencializado a sustentabilidade do setor e pavimentado a transição para a Indústria 5.0.

Huang et al. (2021) apresentam resultados que reforçam o papel das tecnologias de digital twins e inteligência artificial como habilitadores do avanço da manufatura inteligente e robótica avançada. Os autores destacam que a combinação dessas ferramentas melhora o desempenho operacional, facilita a interação homem-máquina e contribui para o desenvolvimento de processos produtivos mais sustentáveis e adaptáveis.

O trabalho de Mourtzis et al. (2022) aponta que a transição da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0 e, posteriormente, para a Sociedade 5.0, exige um reposicionamento estratégico das organizações, com ênfase na centralidade humana, na resiliência social e na sustentabilidade integrada aos novos paradigmas tecnológico.

Zizic et al. (2022) reforçam que, no contexto pós-pandemia, a Indústria 5.0 emerge como resposta às críticas direcionadas à tecnocracia da Indústria 4.0. Os autores evidenciam que há uma mudança clara no direcionamento das pesquisas, com a sustentabilidade cedendo espaço à centralidade do ser humano como objetivo principal, destacando-se a análise dos modelos de maturidade organizacional para avaliar a prontidão das empresas na adoção desse novo paradigma.

#### **2. Integração Indústria 4.0 com Economia Circular e Sustentabilidade**

Os resultados apresentados por Agrawal et al. (2022) evidenciam que a integração entre Indústria 4.0 e práticas de Economia Circular potencializa ganhos logísticos, redução de resíduos e eficiência no uso de recursos. A pesquisa revela que essa convergência tecnológica não apenas favorece o redesenho dos sistemas produtivos, como também contribui diretamente para mitigar impactos ambientais por meio da reutilização e do retorno de produtos nas cadeias logísticas (Agrawal et al., 2022).

Na análise de Alhawari et al. (2021), os autores destacam que, apesar do crescimento da literatura sobre Economia Circular, ainda existe uma lacuna importante de estudos empíricos conectando efetivamente as práticas circulares com os avanços da Indústria 4.0. Os resultados indicam que a digitalização tem potencial para acelerar a adoção da circularidade, mas que os estudos atuais carecem de profundidade na avaliação da aplicabilidade prática (Alhawari et al., 2021).

Ching et al. (2022) apresentam um roadmap detalhado com 15 funções que explicam como as tecnologias da Indústria 4.0 sustentam o tripé da sustentabilidade. O estudo revela que a automação, a rastreabilidade e a manufatura digitalizada não apenas otimizam processos, mas também atuam como vetores

fundamentais para a sustentabilidade econômica, ambiental e social, destacando que a integração com a circularidade é um caminho viável e necessário.

Ghobakhloo et al. (2021) reforçam essa visão ao apresentar um modelo estratégico que posiciona a Indústria 4.0 como plataforma para inovação sustentável. Os resultados mostram que a digitalização aprimora a colaboração interfuncional e promove capacidades organizacionais como absorção de práticas verdes, parcerias sustentáveis e desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos, alinhando a inovação ao desempenho sustentável.

Jamwal et al. (2021) amplia esse entendimento ao demonstrar que as tecnologias da Indústria 4.0 — especialmente big data, IA, IoT e digital twins — desempenham papel essencial para viabilizar a sustentabilidade na manufatura. Os resultados mostram que a digitalização amplia a capacidade de rastreamento e controle dos fluxos produtivos, fortalecendo práticas de smart manufacturing e contribuindo para a redução de emissões.

Khanfar et al. (2021) destacam, por sua vez, o papel das tecnologias blockchain na sustentabilidade das cadeias de suprimento. Os autores apresentam resultados que evidenciam a capacidade da blockchain de aumentar a transparência, garantir a rastreabilidade e viabilizar o compartilhamento seguro de informações em tempo real, facilitando o controle sustentável nas operações industriais.

Rejeb E Zailani (2023) reforçam essa evidência ao apresentar uma revisão sistemática que identifica cinco grandes temas de pesquisa sobre o uso da blockchain na Economia Circular. Os resultados indicam que, embora a integração com a Indústria 4.0 seja reconhecida como promissora, ainda existem lacunas significativas sobre como essas tecnologias podem ser plenamente operacionalizadas em cenários produtivos reais (Rejeb & Zailani, 2023).

Santos et al. (2023) contribui para esta discussão ao evidenciar que, mesmo em ambientes com limitações logísticas e operacionais, como as bioindústrias na Amazônia, é possível aplicar métodos multicritério combinados com lógica fuzzy para selecionar fornecedores de forma mais eficiente e sustentável. Os resultados do estudo indicam que a incorporação de tecnologias digitais precisa ser adaptada às realidades locais, respeitando as barreiras de infraestrutura e os níveis de maturidade digital dos fornecedores regionais.

Além disso, o estudo de Freitas et al. (2024) sobre cadeias de suprimento de farmácias universitárias acrescenta uma perspectiva relevante sobre a importância dos elementos de resiliência operacional. Os resultados mostram que agilidade, velocidade e visibilidade são fatores críticos para fortalecer a capacidade de resposta das cadeias locais, evidenciando que a integração de tecnologias da Indústria 4.0 deve caminhar junto com o desenvolvimento de práticas resilientes para garantir a sustentabilidade e a continuidade operacional mesmo em cenários adversos.

#### **IV. Conclusion**

Este estudo teve como objetivo compreender de que modo a integração entre tecnologias da Indústria 4.0 e práticas sustentáveis pode fortalecer a resiliência e promover cadeias de suprimento mais humanas e adaptáveis em contextos locais de baixa maturidade digital. A análise sistemática da literatura internacional recente evidenciou as oportunidades e desafios envolvidos na transformação digital sustentável de redes produtivas regionais. Foram buscadas respostas quanto à aplicabilidade dos avanços tecnológicos aliados à sustentabilidade, com atenção especial aos entraves operacionais e institucionais que permeiam ambientes periféricos.

Os principais achados indicam que, apesar do potencial expressivo das tecnologias digitais (como internet das coisas, inteligência artificial, blockchain e digital twins) para otimizar processos produtivos, ampliar rastreabilidade e fomentar práticas de economia circular, sua adoção ainda encontra barreiras em ecossistemas locais. As dificuldades recaem sobre infraestrutura deficiente, carência de capacitação e limitações de investimento, o que reforça a necessidade de abordagens colaborativas, soluções adaptativas e formação de redes para criação de ambientes produtivos resilientes e socialmente integrados.

Em síntese, a efetivação da transformação digital sustentável nas cadeias de suprimento locais depende tanto do avanço tecnológico quanto do fortalecimento do capital social, da governança colaborativa e da liderança transformacional. A soma de inovação, colaboração interinstitucional e respeito às especificidades regionais é determinante para superar as desigualdades de maturidade digital e alavancar sistemas produtivos verdadeiramente conectados, humanos, adaptáveis e sustentáveis.

#### **References**

- [1]. ADEL, Amr. Future Of Industry 5.0 In Society: Human-Centric Solutions, Challenges And Prospective Research Areas. JOURNAL OF CLOUD COMPUTING-ADVANCES SYSTEMS AND APPLICATIONS, 8 Set. 2022.
- [2]. AGRAWAL, Rohit Et Al. Progress And Trends In Integrating Industry 4.0 Within Circular Economy: A Comprehensive Literature Review And Future Research Propositions. BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT, Jan. 2022.
- [3]. AHMAD, Tanveer Et Al. Energetics Systems And Artificial Intelligence: Applications Of Industry 4.0. ENERGY REPORTS, Nov. 2022.

- [4]. ALHAWARI, Omar Et Al. Insights From Circular Economy Literature: A Review Of Extant Definitions And Unravelling Paths To Future Research. *SUSTAINABILITY*, Jan. 2021.
- [5]. BADUGE, Shanaka Kristombu Et Al. Artificial Intelligence And Smart Vision For Building And Construction 4.0: Machine And Deep Learning Methods And Applications. *AUTOMATION IN CONSTRUCTION*, Set. 2022.
- [6]. BAG, S.; PRETORIUS, J. H. C.; GUPTA, S. Sustainable Supply Chain Performance Measures For Industry 4.0: A Balanced Scorecard Framework. *Technological Forecasting And Social Change*, V. 173, P. 121029, 2021.
- [7]. CHING, Ng Tan Et Al. Industry 4.0 Applications For Sustainable Manufacturing: A Systematic Literature Review And A Roadmap To Sustainable Development. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 1 Fev. 2022.
- [8]. DE SOUSA JABBOUR, A. B. L. Et Al. Industry 4.0 And The Circular Economy: A Proposed Research Agenda And Original Roadmap For Sustainable Operations. *Journal Of Cleaner Production*, V. 190, P. 1–13, 2018.
- [9]. DOS SANTOS, J. D.; MEDEIROS, R. L.; KUWAHARA, N.; PAULY, P. R.; PIERRE FILHO, M. De Q.; FERREIRA, M. A. C.; DA ROCHA, S. D.; DA COSTA, E. B. S. Selection Of Suppliers In A Bioindustry In The Amazon Using The Saw, Topsis And Promethee II Methods Combined With Fuzzy Logic. *Revista De Gestão E Secretariado*, [S. L.], V. 14, N. 12, P. 20863–20890, 2023. DOI: 10.7769/Gesec.V14i12.3090. Disponível Em: <https://Ojs.Revistagesec.Org.Br/Secretariado/Article/View/3090>. Acesso Em: 2 Jul. 2025.
- [10]. FREITAS, Vinicius Marques Da Silva; RANGEL, Luís Alberto Duncan; ARAUJO, Fernando Oliveira De. A RELEVÂNCIA DOS ELEMENTOS DE RESILIÊNCIA PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS DE FARMÁCIAS UNIVERSITÁRIAS. *Revista Acadêmica Online*, [S. L.], V. 10, N. 54, 2024. DOI: 10.36238/2359-5787.2024.V10n54.414. Disponível Em: <https://www.revistaacademicaonline.com/index.php/rao/article/view/414>. Acesso Em: 2 Jul. 2025.
- [11]. GHOBAKHLOO, Morteza Et Al. Industry 4.0, Innovation, And Sustainable Development: A Systematic Review And A Roadmap To Sustainable Innovation. *BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT*, Dez. 2021.
- [12]. HASSOUN, Abdo Et Al. The Fourth Industrial Revolution In The Food Industry-Part I: Industry 4.0 Technologies. *CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION*, 10 Set. 2023.
- [13]. HUANG, Ziqi Et Al. A Survey On AI-Driven Digital Twins In Industry 4.0: Smart Manufacturing And Advanced Robotics. *SENSORS*, Out. 2021.
- [14]. JAMWAL, Anbesh Et Al. Industry 4.0 Technologies For Manufacturing Sustainability: A Systematic Review And Future Research Directions. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, Jun. 2021.
- [15]. KHANFAR, Ahmad A. A. Et Al. Applications Of Blockchain Technology In Sustainable Manufacturing And Supply Chain Management: A Systematic Review. *SUSTAINABILITY*, Jul. 2021.
- [16]. LIAO, Y. Et Al. Past, Present And Future Of Industry 4.0: A Systematic Literature Review And Research Agenda Proposal. *International Journal Of Production Research*, V. 55, N. 12, P. 3609–3629, 2017.
- [17]. STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities Of Sustainable Manufacturing In Industry 4.0. *Procedia CIRP*, V. 40, P. 536–541, 2016.
- [18]. MATOS, Francisco Regilson Pinho De; SOUSA, Breno Henrique Azevedo Bezerra De; SOUZA, Elton Jhon Almeida De; OLIVEIRA, Eliane Aires De; VILHENA, Fábio André De Farias; SILVA, Fernando Diniz Abreu; PEREIRA, Gyzah Amui Barros; FERREIRA, Hugo Silva; FORTALEZA DO NASCIMENTO, Isidro José Bezerra Maciel; OLIVEIRA, Livia Reges De; MIRANDA, Nathália Viana De; MOREIRA, Paulo Sérgio Santos; CARVALHO, Rogério Do Nascimento; OLIVEIRA, Tiago Luz; SILVA, Edson Nogueira Da. Inovação Social No Terceiro Setor: Uma Revisão Sistemática Sobre Impacto E Sustentabilidade. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)*, V. 30, N. 2, P. 35-40, 2025. DOI: 10.9790/0837-3002053540. Disponível Em: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org). Acesso Em: 3 Jul. 2025.
- [19]. MOURTZIS, Dimitris; ANGELOPOULOS, John; PANOPOULOS, Nikos. A Literature Review Of The Challenges And Opportunities Of The Transition From Industry 4.0 To Society 5.0. *ENERGIES*, Set. 2022.
- [20]. REJEB, Abderahman; ZAILANI, Suhaiza. Blockchain Technology And The Circular Economy: A Systematic Literature Review. *JOURNAL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY WATER AND ENVIRONMENT SYSTEMS-ISDEWES*, Jun. 2023.
- [21]. SOUSA, Breno Henrique Azevedo Bezerra De; SILVA, César Azevedo Da; SOUZA, Cynthia Almeida De; OLIVEIRA, Eliane Aires De; SOUZA, Elton Jhon Almeida De; VILHENA, Fábio André De Farias; FERREIRA, Hugo Silva; FORTALEZA DO NASCIMENTO, Isidro José Bezerra Maciel; FAGUNDES, Jorge Martins; BARROS, Karla Maia; OLIVEIRA, Livia Reges De; MOREIRA, Paulo Sérgio Santos; MONTEIRO, Sandra Maria Costa; OLIVEIRA, Tiago Luz De; SILVA, Edson Nogueira Da. A Integração Dos Objetivos De Desenvolvimento Sustentável (ODS) Nas Políticas Ambientais: Uma Revisão Integrativa. *IOSR Journal Of Business And Management (IOSR-JBM)*, V. 27, N. 3, P. 50-54, 2025. DOI: 10.9790/487X-2703055054. Disponível Em: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org). Acesso Em: 3 Jul. 2025.
- [22]. ZIZIC, Marina Crnjac Et Al. From Industry 4.0 Towards Industry 5.0: A Review And Analysis Of Paradigm Shift For The People, Organization And Technology. *ENERGIES*, Jul. 2022.