



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial  
na Gestão de Operações:**  
**Limitações e possibilidades**



# **LOGÍSTICA 5.0: REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

**NAYRA VASIULIS FERREIRA RODRIGUES** – [nayra.rodriques@unesp.br](mailto:nayra.rodriques@unesp.br)  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

**PAULA DE CAMARGO FIORINI** – [paula.fiorini@unesp.br](mailto:paula.fiorini@unesp.br)  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

**ÁREA:** 2. LOGÍSTICA

**SUBÁREA:** 2.1 - GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

**RESUMO:** A LOGÍSTICA 5.0 É UMA ABORDAGEM QUE INOVADORA QUE POR MEIO DA INTEGRAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS AVANÇADAS E A EXPERTISE HUMANA, PROMOVE A EFICIÊNCIA, SEGURANÇA E ADAPTABILIDADE NA GESTÃO DAS OPERAÇÕES LOGÍSTICAS E DA CADEIA DE SUPRIMENTOS. POR ISSO, ESTE ARTIGO TEM POR OBJETIVO COMPREENDER O ESTADO ATUAL DAS PESQUISAS SOBRE LOGÍSTICA 5.0 ANALISANDO AS DIMENSÕES-CHAVE ASSOCIADAS A ELA. POR MEIO DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA DE 72 ARTIGOS, OBTIVE-SE UMA VISÃO ABRANGENTE DA APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA 5.0. AS PESQUISAS SOBRE LOGÍSTICA 5.0 SE CONCENTRAM NA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES, NO DESIGN CENTRADO NO SER HUMANO E NOS BENEFÍCIOS QUE ESSAS TECNOLOGIAS PODEM GERAR, COMO SUSTENTABILIDADE, EFICIÊNCIA, SEGURANÇA NO TRABALHO, PRECISÃO E FLEXIBILIDADE. POR FIM, O CONCEITO DE LOGÍSTICA 5.0 É ESTABELECIDO, A PARTIR DA EXPLORAÇÃO DAS DIMENSÕES SUSTENTABILIDADE, CENTRALIDADE NO SER HUMANO E RESILIÊNCIA. AS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DESTE ESTUDO CONSISTEM NA PROPOSIÇÃO DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE LOGÍSTICA 5.0, BEM COMO UMA DISCUSSÃO SOBRE AS RELAÇÕES ENTRE AS TECNOLOGIAS DIGITAIS, A EFICIÊNCIA OPERACIONAL, A SUSTENTABILIDADE E A CENTRALIDADE NO SER HUMANO.

**PALAVRAS-CHAVES:** LOGÍSTICA 5.0; SUSTENTABILIDADE; RESILIÊNCIA; CENTRALIDADE NO SER HUMANO.

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução da indústria tem sido marcada pelo desenvolvimento de novas tecnologias que geram aumentos na produtividade e mudanças na forma como as pessoas trabalham (Leng et al., 2022). A Indústria 1.0 é marcada pelo uso da máquina a vapor, resultou no aumento significativo da produtividade da produção enquanto a Indústria 2.0 surgiu com o uso da eletricidade e do motor de combustão interna, proporcionando o desenvolvimento ainda maior da indústria (Maddikunta et al., 2022; Nahavandi, 2019). Já a Indústria 3.0 se consolidou com a adoção da tecnologia da informação para automatizar a produção, acarretando na ampliação da eficiência produtiva (Maddikunta et al., 2022; Nahavandi, 2019). As revoluções industriais também transformaram as operações logísticas, a partir do desenvolvimento de tecnologias e práticas mais eficientes, confiáveis e flexíveis (Wang et al., 2016).

A Logística 4.0, oriunda da Indústria 4.0, surge como consequência dos avanços da tecnologia da informação, das comunicações, e da introdução dos sistemas ciberfísicos e consiste na adoção de tecnologias avançadas para transformar as cadeias de suprimentos (Nahavandi, 2019; Wang et al., 2016). Além disso, os sistemas produtivos buscam se adaptar às novas demandas por uma sociedade inovadora, sustentável, centrada no ser humano e resiliente (Cimini et al., 2022; Leng et al., 2022). Por isso, a Indústria 5.0 é a próxima etapa nessa evolução, e ela promete transformar a forma como os produtos são fabricados e entregues, ajudando a resolver o problema da incompatibilidade entre manufatura e necessidades sociais (Leng et al., 2022; Maddikunta et al., 2022).

A Indústria 5.0 é uma abordagem holística para a produção e logística que combina tecnologias, conceitos organizacionais e princípios de gestão para criar sistemas resilientes, sustentáveis e humanizados (Ivanov, 2023). Esses sistemas são capazes de se adaptar rapidamente às mudanças nas demandas e no ambiente, gerando produtos e serviços personalizados, de alta qualidade e com baixo impacto ambiental, aproveitando a criatividade humana e a precisão das máquinas (Maddikunta et al., 2022). A Logística 5.0 é uma evolução da Logística 4.0, que incorpora as tecnologias e conceitos da Indústria 5.0. A Logística 5.0 é uma abordagem mais inteligente, eficiente e sustentável do que as abordagens anteriores, porque usa dados e conhecimento para tomar decisões melhores, utiliza a colaboração homem-máquina para reduzir custos e melhorar a produtividade e considera o impacto da logística no meio ambiente e na sociedade (Li et al., 2023). Entretanto, a Logística 5.0 é um conceito relativamente novo e ainda não há um consenso sobre sua definição. Diante disso, a

questão norteadora desta pesquisa, é “Como a Logística 5.0 é conceituada na literatura atual e quais são as dimensões-chave associadas a ela?” O objetivo desta pesquisa é compreender o estado atual das pesquisas sobre Logística 5.0 analisando as dimensões-chave associadas a ela. Para isso, a metodologia empregada foi uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que incluiu a análise de 57 artigos científicos publicados em periódicos internacionais.

As principais contribuições da pesquisa residem no fornecimento de uma visão abrangente do conceito de Logística 5.0 na literatura atual, compreendendo como a resiliência, a centralidade no ser humano, a sustentabilidade e eficiência permeiam esse conceito. Essa pesquisa é relevante para empresas, pesquisadores e profissionais da área de logística, pois pode ajudar a sociedade a se preparar para as mudanças que estão por vir na indústria da logística.

O artigo é dividido em seis seções, além da introdução. A segunda seção apresenta o conceito de Indústria 5.0. A terceira seção descreve a metodologia utilizada. A quarta seção apresenta a análise descrita da RSL. A quinta apresenta a análise qualitativa dos artigos investigados, apresentando o conceito e pilares da Logística 5.0. A última seção apresenta as considerações finais do estudo.

## 2. Indústria 5.0

A Indústria 5.0 é uma nova abordagem à manufatura que foi apresentada pela Comissão Europeia em 2021 (Europe Commission, 2021). Essa nova abordagem não é uma continuação cronológica, ou uma alternativa, à Indústria 4.0, mas sim uma extensão de seus princípios, e se concentra em criar sistemas de produção e logística que sejam centrados no ser humano, resilientes e sustentáveis (Europe Commission, 2021; Jafari; Azarian; Yu, 2022; Xu *et al.*, 2021). Essa evolução é uma resposta às tendências e necessidades sociais emergentes, como a urgente demanda por redução de desperdício e a busca por tornar as cadeias de suprimentos menos vulneráveis (Xu *et al.*, 2021).

Conforme definido por Ivanov (2023), o conceito de Indústria 5.0 engloba:

Integração de tecnologias, conceitos organizacionais e princípios de gestão resilientes, sustentáveis e centrados no ser humano para projetar e gerenciar sistemas de agregação de valor eficientes, responsivos, resilientes, sustentáveis e centrados no ser humano nos níveis de ecossistemas, cadeias de suprimentos e instalações de manufatura e logística, orientados por dados e dinamicamente e estruturalmente adaptáveis às mudanças no ambiente de demanda e oferta para garantir o fornecimento de produtos e serviços à sociedade de forma sustentável e centrada no ser humano através do rápido rearranjo e realocação de seus componentes e capacidades (Ivanov, 2023, p. 1689).

Uma das principais diferenças em relação à Indústria 4.0 é que a Indústria 5.0 coloca o bem-estar do trabalhador no centro do processo de produção, enquanto a Indústria 4.0 tende a

priorizar a automação em detrimento da força de trabalho humana (Jafari; Azarian; Yu, 2022; Parhi *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2021). Essa abordagem busca aprimorar a qualidade de vida dos trabalhadores e promover ambientes de trabalho mais saudáveis e seguros (Cimini *et al.*, 2022). Além disso, ela visa apoiar os operadores humanos em suas atividades de maneira mais eficaz, visando oferecer produtos e serviços altamente personalizados (Ivanov; Dolgui; Sokolov, 2022; Xu *et al.*, 2021). O Quadro 1 consolida as principais diferenças entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0, fornecendo uma visão abrangente das mudanças significativas na evolução da manufatura e da tecnologia:

Quadro 1: Diferenças entre Indústria 4.0 e Indústria 5.0

|                     | Indústria 4.0                                                                                                                                                                                                | Indústria 5.0                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Foco                | Automação e eficiência.                                                                                                                                                                                      | Centralidade no ser humano, resiliência e sustentabilidade.                                                                                                                                              |
| Papel do ser humano | Foco na substituição de operadores humanos e automação levando ao desemprego em algumas áreas.                                                                                                               | Busca a promoção de empregos mais qualificados, onde profissionais intelectuais trabalham em colaboração com máquinas, buscando uma integração mais harmoniosa entre humanos e tecnologia.               |
| Tecnologias         | A Indústria 4.0 utiliza tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas, <i>Big Data</i> , computação em nuvem e inteligência artificial, blockchain e a automação, para melhorar a eficiência industrial. | Além de tecnologias utilizadas na Indústria 4.0, a Indústria 5.0 também enfatiza tecnologias específicas, como tecnologias bioinspiradas e tecnologias para eficiência energética e energias renováveis. |
| Tipo de produção    | A Indústria 4.0 enfatiza a produção em massa e a automação em larga escala, com robôs desempenhando um papel central.                                                                                        | Foco na customização em massa, onde humanos desempenham um papel orientador no trabalho dos robôs, permitindo produtos e serviços altamente personalizados.                                              |

Fonte: Jafari, Azarian e Yu (2022), Parhi *et al.* (2022) e Xu *et al.* (2021)

A Indústria 5.0 é uma nova abordagem à manufatura que visa atender à demanda altamente personalizada do produto (Jafari; Azarian; Yu, 2022). Isso é possível graças ao desenvolvimento de tecnologias de manufatura avançadas, como a manufatura aditiva. A manufatura aditiva permite a produção de produtos personalizados em lotes pequenos ou mesmo individualmente, tornando o trabalho mais produtivo e facilitando a automatização, mesmo para pequenas empresas (Maddikunta *et al.*, 2022). Os robôs colaborativos, conhecidos como *cobots*, desempenham um papel fundamental na cadeia de suprimentos, pois são utilizados na manipulação de materiais, montagem, embalagem, verificação de qualidade, transporte, entrega e devolução de produtos (Maddikunta *et al.*, 2022). Eles assumem tarefas repetitivas ou perigosas, permitindo que os trabalhadores humanos se concentrem em atividades mais complexas e de maior valor (Maddikunta *et al.*, 2022).

A integração contínua das capacidades humanas com os sistemas ciberfísicos (CPS) que compõem as fábricas inteligentes é um dos diferenciais dessa abordagem (Cimini *et al.*, 2022). A tecnologia conectada e a automação industrial desempenham um papel fundamental

na previsão da eficiência da produção, permitindo ajustes de processos para evitar perdas (Adel, 2022). Além disso, a Indústria 5.0 promove o uso sustentável de recursos, reduzindo o desperdício e a superprodução (Adel, 2022). À medida que exploramos a evolução da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0, é fundamental reconhecer o impacto significativo que a Indústria 4.0 teve na área da logística (Li *et al.*, 2023). Diante disso, este estudo busca explorar em detalhes o conceito de Logística 5.0, examinando como ele se relaciona com os avanços tecnológicos, a resiliência e a centralidade no ser humano, e como ele está moldando o futuro da logística.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Logística 5.0 é um conceito emergente e em evolução que ainda não possui uma definição universalmente aceita. Por conta disso, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura (RSL), a fim de identificar e analisar as diferentes perspectivas sobre o conceito de Logística 5.0, já listada na literatura. Originalmente desenvolvida na área da saúde, revisão sistemática de literatura é uma metodologia estruturada e transparente utilizada para criar, avaliar e interpretar um conjunto de dados de artigos científicos (Tranfield; Denyer; Smart, 2003). Esse método de pesquisa foi selecionado pois a RSL é uma abordagem transparente e replicável que permite aos pesquisadores identificar, avaliar e sintetizar todos os estudos relevantes sobre um tópico (Centobelli *et al.*, 2020). Para desenvolver o estudo, foi seguida a metodologia estruturada de revisão sistemática da literatura, proposta por Cerchione, Esposito e Spadaro (2016): i) Busca de material; ii) Seleção e avaliação dos artigos; iii) Análise descritiva; iv) Análise de conteúdo.

#### 3.1 Busca de material

O estágio inicial desta RSL envolveu a identificação de literatura pertinente e apropriada relacionada ao tópico sob investigação. Para alcançar isso, utilizou-se uma abordagem semelhante àquela adotada por Ahmad e Van Looy (2020) ao iniciar o projeto de pesquisa com a elaboração de um protocolo de RSL. Esse procedimento visa reduzir a possibilidade de resultados enviesados na pesquisa (Quadro 2):

A pesquisa foi realizada em junho de 2024 e envolveu a busca de informações em dois bancos de dados acadêmicos de alto nível: Web of Science (WoS) e Scopus. O objetivo da pesquisa era identificar estudos relacionados à Logística 5.0 e tecnologias 5.0 no contexto logístico. As buscas foram conduzidas por meio da associação de palavras-chave relevantes. Isso incluiu o uso do termo "*Logistics 5.0*" e a associação de termos frequentemente utilizados para se referir às tecnologias 5.0, como "*Industry 5.0*" e "*Society 5.0* combinados com

palavras relacionadas ao setor logístico, como "*logistics*," "*supply chain*," "*warehouse*," e "*transportation*". As buscas foram realizadas considerando os campos de "título," "palavras-chave," e "resumos" dos estudos, o que é uma abordagem comum para identificar pesquisas relevantes em bancos de dados acadêmicos.

Quadro 2. Protocolo de Pesquisa – Revisão Sistemática de Literatura

| Estágio                                 | Fase                         | Atividade                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Busca do Material</i>                | Questões de pesquisa         | Como a Logística 5.0 é conceituada na literatura atual e quais são as dimensões-chave associadas a ela?                              |
|                                         | Base de dados                | <i>Scopus e Web of Science</i>                                                                                                       |
|                                         | Combinação de palavras-chave | <i>("logistics 5.0") OR [("industry 5.0" OR "society 5.0") AND ("logistics" OR "supply chain" OR "warehouse" OR "transportat*")]</i> |
|                                         | Campo de pesquisa            | Título, resumo e palavras-chave                                                                                                      |
|                                         | Elegibilidade dos estudos    | Estudos teóricos ou empíricos que abordassem as dimensões e conceitos e da Indústria 5.0 aplicados as operações logísticas.          |
| <i>Seleção e avaliação dos artigos</i>  | Critérios de inclusão        | Estudo de revisados por pares (editorial, artigo e review), disponível nas bases de dados selecionadas, em inglês e português.       |
|                                         | Critérios de exclusão        | Capítulo de livros e artigos de conferência e seminários. Estudos que não exploram a Logística 5.0 sob a perspectiva organizacional. |
|                                         | <i>Screening</i>             | Filtro 1: Leitura dos títulos   Filtro 2: Leitura das palavras-chave e resumo   Filtro 3: Leitura do artigo completo                 |
| <i>Análise e síntese dos resultados</i> | Análise descritiva           | Distribuição por ano de publicação, periódico e artigos mais citados.                                                                |
|                                         | Análise qualitativa          | Conceito de Logística 5.0 e dimensões da Logística 5.0.                                                                              |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

### 3.2 Seleção e avaliação dos artigos

Para a seleção dos artigos, foram estabelecidos como critérios que os estudos estivessem estritamente relacionados à área de logística e abordassem de forma abrangente a temática da Logística 5.0. Isso abarcava estudos que investigassem tecnologias avançadas, automação, digitalização e inovações na logística, considerando também a interligação com princípios de sustentabilidade, resiliência e priorização do elemento humano nas operações. A busca inicial retornou 510 artigos, que foram reduzidos para 213 após a remoção de artigos não aplicáveis e duplicados. Em seguida, os títulos, palavras-chave e resumos foram analisados para verificar se os estudos estavam em consonância com a pergunta de pesquisa. Por fim, 141 artigos foram excluídos, resultando em uma amostra final de 72 artigos.

### 3.3 Análise dos dados

A análise descritiva foi realizada no Excel para mapear a evolução cronológica, as 10 principais fontes de publicações e os 10 artigos mais citados. Em seguida, as análises de rede foram construídas no VosViewer, a partir da extração dos metadados dos estudos da base de dados Scopus (formato .CSV). Essas análises exploraram a coocorrência de palavras-chave e a análise de cocitação. Por fim, foi realizada uma análise de conteúdo dos artigos da amostra, visando responder à questão de pesquisa estabelecida. A análise de conteúdo permitiu identificar divergências e convergências entre os estudos (Bardin, 2008). O objetivo foi examinar como o conceito e os pilares da Logística 5.0 são explorados na literatura. Para isso, códigos específicos foram estabelecidos previamente para extrair informações dos artigos selecionados, incluindo a definição de Logística 5.0, a aplicação das dimensões de sustentabilidade, centralidade no ser humano e resiliência, e as tecnologias utilizadas nas atividades logísticas em conjunto com essas dimensões.

## 4. ANÁLISE DESCRITIVA

A pesquisa sobre Logística 5.0 ainda está em seu estágio inicial, mas está crescendo rapidamente. Observa-se na Figura 1 que há um aumento considerável no número de publicações, principalmente a partir do ano de 2022. As pesquisas sobre Logística 5.0 estão em ascensão devido à crescente demanda global por bens e serviços que sejam entregues de forma eficaz e eficiente, do desenvolvimento e adaptação de tecnologias para melhorar as atividades logísticas, e à crescente preocupação e conscientização dos *stakeholders* com as questões de sustentabilidade (Bhargava *et al.*, 2022; Ivanov; Dolgui; Sokolov, 2022).

Figura 1 - Número de publicações sobre Logística 5.0



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Os principais *journals* onde as pesquisas ao menos 2 estudos sobre Logística 5.0 foram publicadas são o “*International Journal of Production Research*”, “*Information Systems Frontiers*”, e “*Sustainability*”, “*Computers and Industrial Engineering*”. Esses *journals* internacionais publicam pesquisas de alta qualidade em uma ampla gama de tópicos

relacionados à Logística 5.0 como as contribuições das novas tecnologias para a produção e a logística, desafios relacionados com a sustentabilidade, abordagens socioeconômicas, integradas ao desenvolvimento sustentável, transportes e mobilidade futura. O Quadro 3 apresenta o número de publicações divididas pelas fontes das publicações.

Quadro 3 – As principais fontes de publicações das pesquisas sobre Logística 5.0

| Fontes das publicações                                              | Nº de publicações |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|
| International Journal of Production Research                        | 6                 |
| Information Systems Frontiers                                       | 4                 |
| Sustainability (Switzerland)                                        | 4                 |
| Computers and Industrial Engineering                                | 3                 |
| IEEE Transactions on Intelligent Vehicles                           | 3                 |
| Journal of Organizational Behavior Research                         | 2                 |
| Applied Sciences (Switzerland)                                      | 2                 |
| Mathematical Biosciences and Engineering                            | 2                 |
| IEEE Transactions on Industrial Informatics                         | 2                 |
| Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences | 2                 |
| International Journal of Logistics Management                       | 2                 |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Conforme apresentado no Quadro 4, os 3 estudos mais citados foram os artigos “*In pursuit of humanised order picking planning: methodological review, literature classification and input from practice*” desenvolvido por De Lombaert et al. (2023); “*Smart Contracts for Sustainable Supply Chain Management: Conceptual Frameworks for Supply Chain Maturity Evaluation and Smart Contract Sustainability Assessment*”, elaborado por Groschopf, Dobrovnik e Herneth (2021) e o artigo “*Cloud supply chain: Integrating industry 4.0 and digital platforms in the “Supply Chain-as-a-Service”*” escrito por Ivanov, Dolgui e Sokolov (2022).

Quadro 4 – Os 5 artigos mais citados sobre Logística 5.0

| Artigos mais citados                  | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                   | Nº de citações |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| De Lombaert et al. (2023)             | Discutir a importância de considerar os fatores humanos no planejamento de sistemas de separação de pedidos em armazéns.                                                                                                                                                   | 187            |
| Groschopf, Dobrovnik e Herneth (2021) | Analisar a relação entre contratos inteligentes e sustentabilidade nas cadeias de suprimentos.                                                                                                                                                                             | 177            |
| Ivanov, Dolgui e Sokolov (2022)       | Conceituar essa nova abordagem de “Cadeia de suprimentos e nuvem” e identificar as suas principais características, por meio de casos práticos.                                                                                                                            | 86             |
| Bhatta et al. (2023)                  | Analisar as complexidades das cadeias de suprimentos agrícolas, explorar os desafios existentes em termos de rastreabilidade, qualidade e segurança dos alimentos, e propor soluções que envolvem a integração de tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e blockchain. | 61             |
| Thylén, Wänström e Hanson (2023)      | Explorar os desafios relacionados a aspectos humanos e organizacionais na introdução de Veículos de Guiagem Automatizada (AGVs) em instalações de produção e logística.                                                                                                    | 58             |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O artigo de De Lombaert et al. (2023) aborda a centralidade no ser humano no contexto do planejamento de separação (picking) de pedidos. Os autores argumentam que, apesar dos avanços tecnológicos, os operadores humanos continuam essenciais nesse processo. Contudo, fatores humanos são frequentemente negligenciados, resultando em problemas de produtividade, satisfação e alta rotatividade de funcionários. Para enfrentar esses desafios, os autores propõem uma abordagem centrada no ser humano para o planejamento de separação de pedidos, visando criar um sistema eficiente, produtivo e seguro para os operadores.

O estudo de Groschopf, Dobrovnik e Herneth (2021) explora a relação entre contratos inteligentes (smart contracts) e sustentabilidade nas cadeias de suprimentos. A pesquisa destaca que a maioria dos estudos se concentra nos aspectos técnicos, conceituais e legais dos contratos inteligentes, negligenciando os requisitos organizacionais e os impactos na sustentabilidade. Entre as contribuições do artigo, os autores definem o conceito de contratos inteligentes, investigam os impactos ambientais e sociais desses contratos nas cadeias de suprimentos e desenvolvem um quadro conceitual que mapeia as relações entre desenvolvimento organizacional, sustentabilidade e tecnologia na maturidade das cadeias de suprimentos.

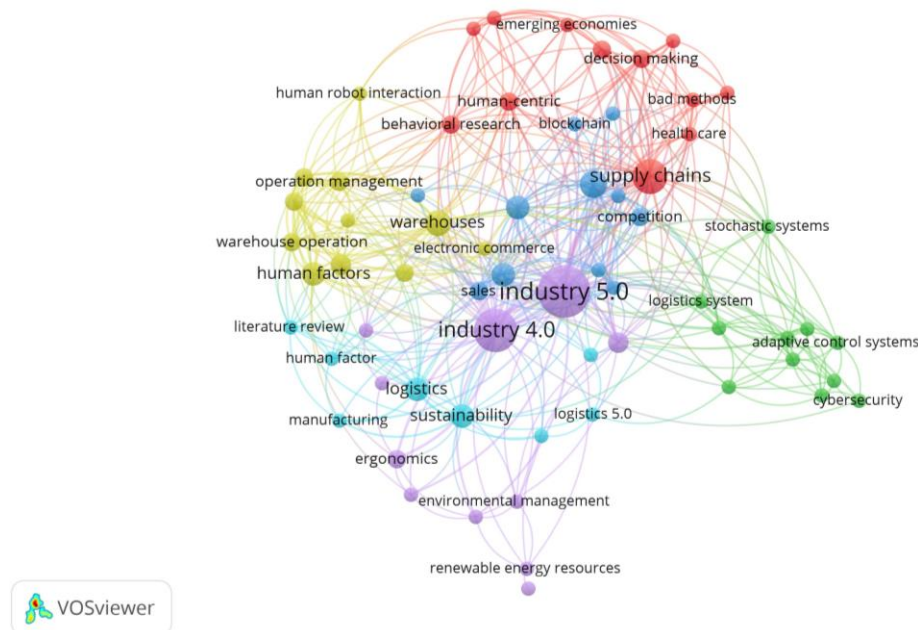
Já o artigo desenvolvido por Ivanov, Dolgui e Sokolov (2022) introduz o conceito de "cadeia de suprimentos em nuvem" (*cloud supply chain*), um modelo de negócios que usa a infraestrutura de computação em nuvem para fornecer serviços de cadeia de suprimentos. Esse modelo permite que as empresas acessem recursos e serviços de cadeia de suprimentos de terceiros, como *software*, dados e análises, sem a necessidade de investir em infraestrutura e recursos próprios. A "cadeia de suprimentos em nuvem" é uma abordagem que vai além da automação e da conectividade de sistemas, pois ela visa a colaboração dinâmica entre diferentes partes da cadeia de suprimentos, que podem incluir seres humanos e máquinas.

## **5. ANÁLISE DE REDES DE PALAVRAS-CHAVE E TEMAS MAIS PESQUISADOS**

A análise de redes de palavras-chave foi conduzida utilizando o *software* VOSviewer, com a base de dados extraídas da Scopus. As redes de palavras-chave são geradas a partir da lista de termos-chave fornecida pelo autor de um artigo. O número de vezes que duas palavras-chave aparecem juntas é determinado pelo número de artigos em que ambas as palavras são usadas simultaneamente (Ikeziri *et al.*, 2019). Neste estudo, foram construídas redes com o objetivo de identificar os termos mais frequentemente mencionados nos artigos e como eles se relacionam ao longo do tempo, com foco nas pesquisas sobre Logística 5.0,

conforme ilustrado na Figura 2. Essas redes destacam as palavras-chave que ocorrem pelo menos em 2 artigos.

Figura 2 – Rede de palavras-chave mais citadas nos estudos sobre Logística 5.0



Fonte: Elaborada pela autora (2024), no software VosViewer.

As palavras-chaves mais citadas pelos autores dos artigos analisados são “Industry 5.0” com 52 cocitações, seguida de “Industry 4.0” com 44 citações e “supply chains” com 34 citações. Isso demonstra que essas palavras são relevantes para essa área pois os autores estão pesquisando como as tecnologias emergentes da Indústria 4.0 podem ser usadas para melhorar a logística e as cadeias de suprimentos. Contudo, o termo Logística 5.0 foi citado por apenas 6 dos 55 artigos analisados, evidenciando que este é um campo incipiente.

A rede de palavras-chave revela seis clusters interconectados. O cluster roxo, com as palavras-chave mais citadas, mantém fortes ligações com outros clusters, agrupando termos fundamentais para a Logística 5.0, como “Industry 5.0”, “Industry 4.0” e “green logistics”. Os clusters verde e azul focam em aspectos técnicos e tecnologias específicas da Logística 4.0, como IoT, blockchain, IA e cibersegurança, explorando melhorias na segurança e sustentabilidade das operações. Já os clusters amarelo e azul investigam como a centralidade no ser humano influencia a adoção das ferramentas de Logística 5.0.

Dentro do cenário de pesquisa logística, destacam-se três temas principais: a implementação de tecnologias emergentes, o design centrado no ser humano e a busca por sustentabilidade. As pesquisas visam aprimorar a eficiência, segurança, precisão e flexibilidade das operações logísticas, ao mesmo tempo em que abordam os desafios na adoção dessas tecnologias. Xie e Yao (2023), por exemplo, desenvolveram um algoritmo para

rastreamento de objetos em armazéns, capaz de distinguir entre humanos, mercadorias e ambientes. Paralelamente, Lagorio et al. (2023) investigaram a integração do design centrado no ser humano em processos logísticos, propondo um framework que considera fatores humanos na escolha de tecnologias adequadas.

Desde a introdução das tecnologias da Indústria 4.0 em 2011, a busca por uma logística mais eficiente e sustentável tem sido uma constante. No contexto da Logística 5.0, as pesquisas focam em soluções tecnológicas para minimizar impactos ambientais, como a redução de desperdício, consumo de combustível e pegada de carbono, além de promover a eficiência energética. Qahtan et al. (2022) analisaram o uso de veículos elétricos, destacando a redução de emissões de gases de efeito estufa, poluição sonora, dependência de combustíveis fósseis e problemas de saúde relacionados à poluição do ar. Este conjunto de estudos ilustra a evolução contínua na pesquisa logística, buscando conciliar eficiência operacional com sustentabilidade e bem-estar humano.

## 6. CONCEITO E PILARES DA LOGÍSTICA 5.0

Estabelecer uma definição clara para a Logística 5.0 é essencial, pois fornece uma base sólida para o desenvolvimento de tecnologias e práticas no setor logístico. A transição para a Indústria 5.0 implica uma reformulação profunda dos modelos de negócios existentes (Jafari; Azarian; Yu, 2022; Trstenjak *et al.*, 2022). Enquanto os modelos tradicionais focam principalmente na maximização dos lucros, a Indústria 5.0 exige que as empresas considerem também os impactos econômicos, sociais e ambientais de suas operações (Ivanov; Dolgui; Sokolov, 2022; Li *et al.*, 2023).

esse contexto, a Logística 5.0 torna-se crucial para empresas e a sociedade. Ela oferece oportunidades significativas para aprimorar o desempenho das operações logísticas, focando na redução de custos e na melhoria da satisfação dos clientes (Li *et al.*, 2023). Esses avanços são impulsionados pela tecnologia digital, que proporciona maior visibilidade nas cadeias de suprimentos. Essa visibilidade é fundamental para aumentar a eficiência, a resiliência e a sustentabilidade das operações logísticas (Ivanov; Dolgui; Sokolov, 2022).

Baseado na RSL, o conceito de Logística 5.0 pode ser entendido *como a aplicação e integração de tecnologias digitais limpas e centradas no ser humano, impulsionadas por dados e caracterizadas pela capacidade dinâmica de se adaptar a mudanças no ambiente de demanda e oferta, que são capazes de promover a sustentabilidade, a eficiência operacional, a segurança, a responsabilidade social e a resiliência das operações logísticas e da cadeia de suprimentos.*

## 6.1 Resiliência e Logística 5.0

A resiliência é percebida como a capacidade multidimensional de enfrentar desafios e garantir a continuidade das operações logísticas (Ivanov; Dolgui; Sokolov, 2022). No contexto da Logística 5.0, a resiliência envolve a utilização de tecnologias para criar sistemas logísticos ágeis, flexíveis e adaptáveis, capazes de lidar com mudanças no ambiente de negócios e na demanda.

As tecnologias da Logística 5.0 contribuem para a resiliência das organizações de várias formas. A IoT e o *Big Data Analytics* permitem decisões informadas com base em grandes volumes de dados, identificando padrões que ajudam a prevenir interrupções e a enfrentar desafios imprevistos (Bhargava *et al.*, 2022). O uso do *blockchain* na cadeia de suprimentos melhora a segurança e a confiabilidade dos dados, o que impede a manipulação de informações e garante a integridade dos registros, mesmo em situações de crise (Bhat *et al.*, 2022). A inteligência artificial pode ser usada para prever interrupções e tomar decisões para mitigar seus impactos (Ahmed *et al.*, 2023). A integração de sistemas físicos com sistemas computacionais em tempo real, melhora a automação, facilita a comunicação entre máquinas, e permite ajustes rápidos e precisos em resposta a mudanças nas condições operacionais (Ahmed *et al.*, 2023). A implementação de veículos automaticamente guiados (AGV) na intralogística aumenta a eficiência operacional, a flexibilidade e a capacidade de adaptação às flutuações da demanda. Assim, a Logística 5.0 promove a resiliência das operações logísticas e das cadeias de suprimentos, tornando-as mais dinâmicas e capazes de enfrentar imprevistos por meio da inovação.

## 6.2 Sustentabilidade e Logística 5.0

A Logística 5.0 promove o desenvolvimento sustentável, incorporando conceitos como logística verde e economia compartilhada para reduzir o consumo de energia, as emissões de carbono e otimizar o uso de recursos (Li *et al.*, 2023). Esses princípios são implementados para criar sistemas sustentáveis, processos circulares e reduzir o impacto ambiental das atividades logísticas (Pereira; Alves; Arezes, 2023).

A adoção de veículos elétricos é uma solução ambientalmente amigável que diminui as emissões de poluentes, melhora a qualidade do ar, mitiga riscos à saúde e promove o desenvolvimento econômico sustentável (Qahtan *et al.*, 2022). Contratos inteligentes baseados em *blockchain* otimizam processos logísticos, aumentando a transparência e rastreabilidade, e facilitando a correção de práticas insustentáveis (Groschopf; Dobrovnik; Herneth, 2021). A conexão de tecnologias como IoT, Big Data Analytics, GPS e IA permite

uma gestão de tráfego e roteamento de veículos mais eficiente e sustentável, resultando em operações logísticas otimizadas, redução de custos e menor impacto ambiental (Dhawan *et al.*, 2022). Assim, a combinação de tecnologias da Logística 5.0 pode ser aplicada para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Agenda 2030.

### 6.3 Centralidade no ser humano e Logística 5.0

A Logística 5.0 vai além da automação, buscando otimizar a colaboração entre humanos e robôs para aumentar a produtividade sem comprometer o bem-estar dos trabalhadores (De Lombaert *et al.*, 2023). A falta de compreensão da ergonomia cognitiva e dos fatores humanos pode resultar em baixo desempenho, decisões imprecisas e aumento do estresse (Adriaensen *et al.*, 2023). Assim, a centralidade no ser humano pressupõe que a aplicação de tecnologias digitais nas cadeias de suprimentos deve incorporar a inteligência humana para melhorar a experiência do usuário e otimizar os fluxos de trabalho (Adel, 2022).

Os funcionários são componentes-chave da cadeia de suprimentos, e seu desempenho afeta diretamente o desempenho geral da cadeia (Mondal; Samaddar, 2021). O uso de veículos autônomos e AGVs combinados com IoT e IA realiza tarefas pesadas ou arriscadas, permitindo que trabalhadores humanos assumam funções mais seguras (Oran *et al.*, 2022). Algoritmos de aprendizado profundo detectam e rastreiam objetos, otimizando a gestão de estoque e melhorando a segurança ao identificar riscos em tempo real (Xie; Yao, 2023). Este equilíbrio entre o aspecto humano e tecnológico na Logística 5.0 promove eficácia operacional, segurança, flexibilidade e qualidade na gestão da cadeia de suprimentos.

### 7. Considerações Finais

Os resultados destacam um crescente interesse na eficiência operacional logística, combinado com a integração harmoniosa de tecnologias avançadas, focando em aspectos sociais e ambientais para impulsionar cadeias de suprimentos mais sustentáveis e centradas no ser humano. A análise revela que termos como "Industry 5.0," "Industry 4.0," e "Supply chains" refletem a interligação da Logística 5.0 com evoluções industriais anteriores, enquanto os temas mais explorados incluem a implementação de tecnologias emergentes, o design centrado no ser humano e a sustentabilidade nas operações logísticas.

Assim, este estudo contribui teoricamente ao oferecer uma visão abrangente da Logística 5.0 na literatura atual, destacando suas principais dimensões associadas. Proporciona uma definição clara da Logística 5.0 e explora as relações entre tecnologias digitais, eficiência operacional, sustentabilidade e centralidade no ser humano. Do ponto de vista prático, o artigo esclarece como a Logística 5.0 pode ser implementada, identificando

oportunidades para otimização das operações logísticas e cadeias de suprimentos. Em termos de implicações políticas, sugere-se que a Logística 5.0 pode contribuir significativamente para metas de desenvolvimento sustentável alinhadas com a Agenda 2030, incentivando formuladores de políticas a apoiar sua adoção para fortalecer a competitividade das empresas brasileiras no mercado global dinâmico.

Porém, o estudo possui limitações, como a amostra restrita de artigos em inglês e português das bases Scopus e Web of Science, que pode não capturar todas as perspectivas sobre Logística 5.0. Sugere-se, portanto, que estudos futuros explorem as dimensões da Logística 5.0 em diferentes contextos, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Além disso, investigar o impacto da Logística 5.0 nos empregos e no bem-estar dos trabalhadores pode fornecer insights valiosos sobre seu efeito na força de trabalho e no desempenho operacional das empresas.

## REFERÊNCIAS

ADEL, Amr. Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. **Journal of Cloud Computing**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 40, 2022.

ADRIAENSEN, Arie *et al.* Systems-theoretic interdependence analysis in robot-assisted warehouse management. **Safety Science**, [s. l.], v. 168, p. 106294, 2023.

AHMAD, Tahir; VAN LOOY, Amy. Business Process Management and Digital Innovations: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 17, p. 6827, 2020.

AHMED, Tazim *et al.* Modeling the artificial intelligence-based imperatives of industry 5.0 towards resilient supply chains: A post-COVID-19 pandemic perspective. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 177, p. 109055, 2023.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. 4. ed. [S. l.]: Lisboa, 2008. v. 70

BHARGAVA, Amitabh *et al.* Industrial IoT and AI implementation in vehicular logistics and supply chain management for vehicle mediated transportation systems. **International Journal of System Assurance Engineering and Management**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 673–680, 2022.

BHAT, Showkat Ahmad *et al.* Agriculture | Free Full-Text | Agriculture-Food Supply Chain Management Based on Blockchain and IoT: A Narrative on Enterprise Blockchain Interoperability. **Agriculture**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 40, 2022.

BHATTA, Dharm Dev *et al.* The Nexus of Corporate Affinity for Technology and Firm Sustainable Performance in the Era of Digitalization: A Mediated Model. **Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 12, p. 9765, 2023.

CENTOBELLI, Piera *et al.* Designing business models in circular economy: A systematic literature review and research agenda. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], v. 29,

n. 4, p. 1734–1749, 2020.

CERCHIONE, Roberto; ESPOSITO, Emilio; SPADARO, Maria Rosaria. A literature review on knowledge management in SMEs. **Knowledge Management Research & Practice**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 169–177, 2016.

CIMINI, Chiara *et al.* Human-technology integration in smart manufacturing and logistics: current trends and future research directions. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 169, p. 108261, 2022.

DE LOMBAERT, Thomas *et al.* In pursuit of humanised order picking planning: methodological review, literature classification and input from practice. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 61, n. 10, p. 3300–3330, 2023.

DHAWAN, Kamal *et al.* Greening Construction Transport as a Sustainability Enabler for New Zealand: A Research Framework. **Frontiers in Built Environment**, [s. l.], v. 8, 2022.

DWIVEDI, Ashish *et al.* Drivers to mitigate climate change in context of manufacturing industry: An emerging economy study. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], p. bse.3376, 2023.

EUROPE COMISSION. LU, **Industry 5.0: towards a sustainable, human centric and resilient European industry**. LU: Publications Office of the European Union, 2021.

GROSCHOPF, Wolfram; DOBROVNIK, Mario; HERNETH, Christian. Smart Contracts for Sustainable Supply Chain Management: Conceptual Frameworks for Supply Chain Maturity Evaluation and Smart Contract Sustainability Assessment. **Frontiers in Blockchain**, [s. l.], v. 4, 2021.

IKEZIRI, Lucas Martins *et al.* Theory of constraints: review and bibliometric analysis. [s. l.], v. 57, n. 15–16, p. 5068–5102, 2019.

IVANOV, Dmitry. The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 61, n. 5, p. 1683–1695, 2023.

IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre; SOKOLOV, Boris. Cloud supply chain: Integrating Industry 4.0 and digital platforms in the “Supply Chain-as-a-Service”. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, [s. l.], v. 160, p. 102676, 2022.

JAFARI, Niloofar; AZARIAN, Mohammad; YU, Hao. Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics?. **Logistics**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 26, 2022.

LAGORIO, Alexandra *et al.* Operationalisation and validation of a human factors-based decision support framework for technology adoption in the logistics sector. **International Journal of Logistics Research and Applications**, [s. l.], p. 1–23, 2023.

LENG, Jiewu *et al.* Industry 5.0: Prospect and retrospect. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 65, p. 279–295, 2022.

MADDIKUNTA, Praveen Kumar Reddy *et al.* Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. **Journal of Industrial Information Integration**, [s. l.], v. 26, p. 100257, 2022.

MONDAL, Sanjana; SAMADDAR, Kaushik. Reinforcing the significance of human factor in achieving quality performance in data-driven supply chain management. **The TQM Journal**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 183–209, 2021.

NAHAVANDI, Saeid. Industry 5.0—A Human-Centric Solution. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 16, p. 4371, 2019.

ORAN, İbrahim Bora *et al.* The Necessity of Transition from Industry 4.0 To Industry 5.0: SWOT Analysis of Turkey’s SCM Strategy. **Journal of Organizational Behavior Research**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 1–17, 2022.

PARHI, Shreyanshu *et al.* Reflecting on an empirical study of the digitalization initiatives for sustainability on logistics: The concept of sustainable logistics 4.0. **Cleaner Logistics and Supply Chain**, [s. l.], v. 4, p. 100058, 2022.

PEREIRA, Ana C.; ALVES, Anabela C.; AREZES, Pedro. Augmented Reality in a Lean Workplace at Smart Factories: A Case Study. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 16, p. 9120, 2023.

QAHTAN, Sarah *et al.* Integrated sustainable transportation modelling approaches for electronic passenger vehicle in the context of industry 5.0. **Journal of Innovation & Knowledge**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 100277, 2022.

THYLÉN, Nils; WÄNSTRÖM, Carl; HANSON, Robin. Challenges in introducing automated guided vehicles in a production facility – interactions between human, technology, and organisation. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 61, n. 22, p. 7809–7829, 2023.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

TRSTENJAK, Maja *et al.* Logistics 5.0 Implementation Model Based on Decision Support Systems. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, n. 11, p. 6514, 2022.

WANG, Shiyong *et al.* Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, [s. l.], v. 101, p. 158–168, 2016.

XIE, Tingbo; YAO, Xifan. Smart Logistics Warehouse Moving-Object Tracking Based on YOLOv5 and DeepSORT. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 17, p. 9895, 2023.

XU, Xun *et al.* Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 61, p. 530–535, 2021.