

ARTIGO

REFLEXÕES SOBRE O IMPACTO ATUAL E FUTURO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO LOGÍSTICA

Prof. Dr. Félix Alfredo Larrañaga

RESUMO

A utilização da inteligência artificial aumenta em todas as áreas de atividade e esse fato tem gerado uma nova revolução industrial que teria criado, conforme muitos autores, a chamada Indústria 4.0 e, segundo outros, a Indústria 5.0. Nesse novo ambiente tecnológico procurou-se identificar o impacto da inteligência artificial sobre a indústria da logística como objetivo, utilizando a pesquisa bibliográfica como ferramenta, tentando separar os efeitos atuais dos futuros. O método utilizado foi uma pesquisa a partir da literatura identificada e da Internet. Nessa investigação foram localizadas diversas tecnologias que afetam à logística atualmente e que seguramente o farão no futuro, tais como algoritmos diversos, a analítica, aprendizado de máquina, a big data, a conectividade, os drones, a gestão de frotas, a internet das coisas, a robótica e os veículos autônomos. A contribuição dessas tecnologias deve impactar favorável e profundamente a eficiência e os custos operacionais da gestão logística.

Palavras-Chave: Inteligência Artificial, Eficiência, Custos, Logística.

ABSTRACT

The use of artificial intelligence is increasing in all areas of activity and this fact has generated a new industrial revolution that would have created, according to many authors, the so-called Industry 4.0 and according to others the Industry 5.0. In this new technological environment, it was sought to identify the impact of artificial intelligence on the logistics industry as an objective, using bibliographic research as a tool, trying to separate the current effects from the future ones. The method used was based on the identified literature and the Internet. In this investigation, several technologies were recognized that impact logistics today and that will surely do so in the future, such as various algorithms, analytics, machine learning, big data, connectivity, drones, fleet management, the internet of things, robotics, and autonomous vehicles. The contribution of these technologies is expected to favorably and profoundly impact the efficiency and the operating costs of the logistics management.

Keywords: Artificial Intelligence, Costs, Efficiency, Logistics.

LISTA DE SIGLAS

AI: *Artificial Intelligence*

DL: *Deep Learning* (Aprendizado profundo)

DRP: *Distribution Requirement Planning* (Planejamento das necessidades de distribuição)

IA: Inteligência Artificial

IoT: *Internet of Things* (Internet das Coisas)

FEDEX: *Federal Express*

ML: *Machine Learning* (Aprendizado de máquina)

SAE: *Society of Automotive Engineers* (Sociedade dos Engenheiros Automotivos)

S4: Oficial de Logística do EM do Bat. Art. 1 dos Fuzileiros Navais (Argentina)

TMS: *Transportation Management System* (Sistema de Gestão do Transporte)

WMS: *Warehouse Management System* (Sistema de Gestão de Armazéns)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – *Machine-learning-hands-robot-human*

Figura 2 – Exemplo de algoritmo

Figura 3 – Aprendizado de máquina (Machine-learning)

Figura 4 – Idealização da Big Data

Figura 5 – Conceito de conectividade

Figura 6A – Drone de carga

Figura 6B – Drones numa operação de distribuição física

Figura 7 – Visão parcial da gestão de frotas

Figura 8 – Exemplo de IoT nos lares, no trabalho e na comunidade

Figura 9 – Imagem de um Robô

Figura 10 – Paletizadora KUKA

Figura 11 – Robôs da Federal Express (FEDEX) carregando um caminhão

Figura 12 – Veículo autônomo

Figura 13 – Empilhadeiras autônomas

Figura 14A – Caminhão autônomo da *Toc Robotics*

Figura 14B – Veículo autônomo de carga da Volvo

Figura 15 – Exemplo de Robô

Figura 16 – Aplicações comuns de IA em Logística

Figura 17 – O que pensa a IA da Logística

Figura 18 – Inteligência Artificial e Distribuição

Figura 19 – A Inteligência Artificial no transporte

Figura 20 – A inteligência artificial moderniza a armazenagem

Figura 21 – Próxima geração de armazéns

Figura 22 – Como a IA impacta o WMS e a armazenagem

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de automação da condução de veículos

Tabela 2 – Impactos esperados da inteligência artificial sobre a logística

Tabela 3 – Autores que concordam com os resultados

1 INTRODUÇÃO

A logística está presente na sociedade humana desde seu início. Ela se ocupa da planificação, gestão e controle da coleta, armazenagem, separação e distribuição de bens e serviços numa cadeia de suprimentos¹. Ao longo do tempo, a incorporação de tecnologias permitiu que esta disciplina aumentasse sua eficiência e barateasse seus custos.

A inteligência artificial, por sua vez, é uma tecnologia recente que faz parte de muitas atividades, tendo mudado a forma de trabalhar e de se comunicar entre organizações e/ou pessoas. Por trás dela estão diversos procedimentos tais como os algoritmos de aprendizado de máquina, os de otimização, a *Big Data* e a internet das coisas, dentre outros. Sua incorporação nas atividades da logística deve melhorar ainda mais a gestão. A Figura 1 idealiza o conceito de aprendizado de máquina, relacionando humanos, robôs e máquinas.



Figura 1 – Machine-learning-hands-robot-human²

Atualmente se assiste ao desenvolvimento da quarta revolução industrial, caracterizada pela conectividade que leva a novas formas de produção e organização das indústrias. Esta nova forma de atuar na produção se conhece como Indústria 4.0. Embora sem certeza de ter começado, alguns

¹ FERROVIAL – RECURSOS. Disponível em: <https://www.ferrovial.com/es/recursos/logistica/#::~:~:text=La%20log%C3%ADstica%20es%20la%20actividad,la%20forma%20m%C3%A1s%20eficiente%20posible>. Acesso em: 18/ 04/ 2024.

² SHUTTERSTOCK. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/ai-machine-learning-hands-robot-human-2261332091> . Acesso em: 18/04/2024.

já falam da Indústria 5.0 cujo objetivo seria a humanização dos processos enquanto a Indústria 4.0 estaria mais preocupada com a sua automação (Nomus, 2004)³.

O presente trabalho procura estabelecer, no ambiente da indústria 4.0, a relação entre essas duas atividades, especificamente o impacto da IA sobre a logística. O ponto de vista do autor é o de um especialista em logística que desempenhou cargos de gerência nessa área, se desempenha atualmente como professor e publicou diversos livros e artigos sobre o tema.

A escolha foi provocada pela evolução da IA e o interesse do autor na logística, atividade na qual atua desde os anos 1960, quando foi o S4 (Oficial de Logística do Estado Maior) do Batalhão de Artilharia de Campanha No. 1 dos Fuzileiros Navais da Argentina. Posteriormente foi gerente de comércio exterior e logística na empresa Alba Química nos anos 1980/90, gerente geral da Câmara Argentino-Brasileira de Comércio, da Overprint Embalagens Flexíveis e consultor nos anos 2000. Entre os anos 2000 e 2015 foi diretor executivo das empresas Franber e Hickory de um grupo investidor argentino no ramo imobiliário.

Quanto a existência ou não de trabalhos anteriores, foram encontrados diversos textos publicados, principalmente na Internet, sobre a eventual influência desta tecnologia sobre os processos logísticos e outros que se comentam na revisão da literatura.

A presente pesquisa é uma investigação bibliográfica realizada através da leitura sistemática, a análise e a interpretação de textos de diversos tipos, inclusive de aqueles identificados na Internet. Da revisão dessa literatura surgiu o problema de pesquisa que pode se expressar na seguinte pergunta:

Qual é o impacto atual e o impacto futuro esperado da IA sobre a gestão logística?

As variáveis estudadas foram, como se antecipou a logística e a evolução da inteligência artificial. Para conseguir esse objetivo, este texto tem esta introdução, a revisão da literatura na seção 2, a metodologia na seção 3, os resultados e a discussão na seção 4, as conclusões na seção 5 e a bibliografia na seção 6.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Embora recente, a IA tem provocado diversos autores e empresas a identificar sua participação na coleta, armazenagem e distribuição de bens e serviços, alguns dos quais se apresentam a seguir, ordenados alfabeticamente por categoria de dispositivos ou ferramenta. Vale a pena frisar que cada uma dessas categorias merece um estudo específico que fica para um futuro próximo.

Helfstein (2023) analisou os quatro tipos de inteligência artificial conhecidos, afirmando que as **máquinas reativas** eram o primeiro tipo, antigo, básico e simples que podia reconhecer padrões e tomar decisões com os dados disponíveis. Porém, esse tipo não teria memória. O segundo tipo era a **memória limitada**, capaz de aprender com base em dados históricos e realizar tarefas

³ NOMUS. *Indústria 5.0: O que é, os pilares e o que há de novo*. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/industria-5-0/>. Acesso em: 26/04/2024.

específicas de forma autônoma. O terceiro tipo chamado de **teoria da mente** é mais avançado, ainda em desenvolvimento, capaz de compreender os seres humanos. O quarto tipo denominado **autoconsciente**, teria consciência sobre si mesmo, sua existência e capacidades. Porém, ainda não existe.

2.1 – Algoritmos: conforme Content (2019)⁴, eles são sequências de instruções definidas, usadas para resolver problemas, executar tarefas, realizar cálculos e/ou resolver equações (redes neurais, algoritmos matemáticos dentre outros). Essas atividades estão presentes na gestão logística.

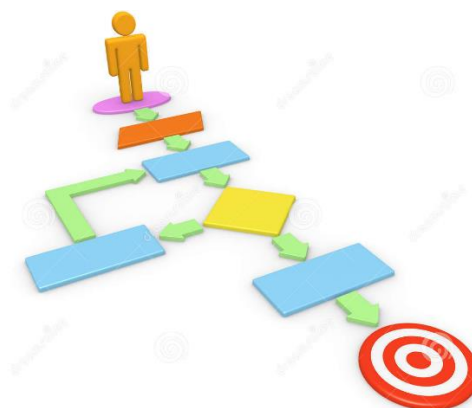


Figura 2 – Exemplo de algoritmo⁵

2.2 – Analítica: Awari (2023)⁶, referindo-se à analítica ou análise de dados, afirmou que essa tecnologia permitia a tomada de decisões e a otimização de processos suportadas por informações precisas. No ambiente da logística, a tomada de decisões estratégicas e a necessidade de otimizar processos exige o apoio da análise de dados.

GestaoPro (2023)⁷ analisou a importância dos dados (analítica) e afirmou que a gestão logística era:

(...) um complexo conjunto de processos que envolvia planejamento, execução e monitoramento e que, nesse contexto, os dados desempenhavam um papel crucial, ofereciam uma visão detalhada de cada aspecto da cadeia de suprimentos, desde a previsão de demanda até a entrega ao cliente final.

⁴ ROCK CONTENT. Saiba como funciona um algoritmo e conheça os principais exemplos existentes no mercado. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/algoritmo/>. Acesso em: 24/04/2024.

⁵ Alg.png (1193 x 933) Disponível em: https://4.bp.blogspot.com/-B-D71tKdo9c/V6z9q9RXJFI/AAAAAAAAAbjw/LVDOS0kL_EHsy71VUtAR8_nOWKSklvZGgCLcB/s1600/alg.png

⁶ AWARI, *Análise de dados na Logística*. Disponível em: <https://awari.com.br/analise-de-dados-na-logistica-como-otimizar-processos-e-tomar-decisoes-estrategicas/>

⁷ GESTAOPRO. *Análise de dados na logística*. Disponível em: <https://gestapro.com.br/blog/logistica/analise-de-dados-na-logistica-como-extrair-insights-valiosos>. Acesso em: 22/04/2024.

Essa empresa identificou diversas áreas de aplicação das tecnologias mais modernas, especificamente a internet das coisas, a conectividade, a coleta e integração de dados, a previsão de demanda, a gestão de riscos e a melhoria contínua, presentes na administração logística.

2.3 – Aprendizado de Máquina: ou machine-learning (ML) é, segundo Santana (2023)⁸, um subconjunto da IA que tem a capacidade de provocar a aprendizagem das máquinas com pouca intervenção humana, através de algoritmos que detectam padrões analisando dados históricos. Os processos de armazenagem, transporte e distribuição física da logística utilizam esta ferramenta.

Bharadiya (2023)⁹ publicou um artigo cujo objetivo era investigar o rol do aprendizado de máquina e da inteligência artificial no crescimento das grandes cidades. Os resultados dessa investigação indicaram que ambas as tecnologias desempenharam um importante papel nesse processo, especialmente no campo dos sistemas inteligentes de transporte utilizados para monitoria, simulação, gestão dinâmica de roteamento e congestionamento, assim como no controle inteligente de tráfego.

Amazon (2024) publicou um texto sobre ferramentas que uma cadeia de suprimentos pode utilizar para reduzir riscos e, nele, mencionou especificamente o aprendizado de máquina (ML) e a inteligência artificial (IA)¹⁰.

Quanto a internet das coisas, a empresa afirmou que ela pode ajudar na gestão das cadeias de suprimento por meio de dispositivos como os de gestão de inventários, gerenciamento de frotas, manutenção programada e relacionamento com fornecedores.

Como exemplo foi apontada a utilização do IoT industrial para acompanhar ativos e reduzir o consumo de combustíveis nas empresas de navegação. A Figura 3 idealiza a conceito do aprendizado de máquina e foi extraído do Pixabay¹¹.

⁸ SANTANA, Rodrigo. *Impactos do Machine-Learning no setor logístico*. Disponível em: <https://www.dataside.com.br/post/os-impactos-do-machine-learning-no-setor-log%C3%ADstico?> . Acesso em: 24/04/2024.

⁹ BARADIYA, Jasmin Praful. *Artificial Intelligence in transportation systems: A critical Review*, IN: American Journal of Computing and Engineering, ISSN 2790-5586, Vol.6, Issue 1, pp. 35-45.

¹⁰ AMAZON. *Leverage new tools like machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) to reduce supply chain risks*. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/industrial/supply-chain-management/?pg=whatisioti&cta=supplychnmngt> . Acesso em: 23/04/2024.

¹¹ PIXABAY. Disponível em: <https://pixabay.com/es/illustrations/ai-generado-robot-cyborg-artificial-8587603/> . Acesso em: 24/04/2024.



Figura 3 – Aprendizado de máquina (Machine-Learning).

2.4 – Big Data: Fiqon (2023)¹² considerou que a *big data* se caracterizava pelo volume de dados, a velocidade necessária de coleta, transferência e processamento desse volume; sua variedade, veracidade e o valor dos dados analisados.

Já Miranda (2023)¹³ definiu o *Big Data* como uma área do conhecimento gerada para estudar as formas de tratar, analisar e produzir conhecimento processando os grandes conjuntos de dados atualmente disponíveis, que não podem ser tratados com os sistemas tradicionais. A área de logística gera enormes volumes de dados e está sujeita à aplicação desta ferramenta.

Tegma (2024)¹⁴ publicou um texto sobre *big data* e sua relação com a função logística. Nele, essa empresa afirma que a *big data* permite uma visibilidade sem precedentes (visão nos 360 graus)

¹² FOQON. *Big Data: Tudo sobre Big Data*. Disponível em: <https://fiqon.com.br/big-data-o-que-e-para-que-serve-e-como-utilizar/>. Acesso em: 24/04/2024.

¹³ MIRANDA, João Vitor. *Uma breve introdução sobre o que é Big Data*. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/big-data?>. Acesso em: 24/04/2024.

¹⁴ TEGMA, Gestão Logística. *Big Data na Logística*. Disponível em: <https://www.tegma.com.br/big-data-na-logistica-como-a-analise-de-dados-esta-transformando-o-setor-palavras/>. Acesso em: 21/04/2024.

pela habilidade em analisar muitos dados de inúmeras fontes em tempo real. A Figura 4, extraída desse texto idealiza o conceito.



Figura 4 – Idealização da Big Data¹⁵.

2.5 – Conectividade: Ascenty (2024)¹⁶ define a conectividade como (...) *a capacidade de conectar dispositivos, sistemas, ambientes e dados, tendo por trás um ideal de integração, garantindo não só o acesso, mas o compartilhamento em tempo real de dados, em vários locais e por diversos usuários.* A existência de vários locais e diversos usuários é característica da gestão logística. A Figura 5 apresenta o conceito de conectividade¹⁷.



Figura 5 – Conceito de conectividade.

¹⁵ Disponível em: <https://www.tegma.com.br/big-data-na-logistica-como-a-analise-de-dados-esta-transformando-o-setor-palavras/>

¹⁶ ASCENTY. *O que é conectividade?* Disponível em: <https://ascenty.com/blog/artigos/o-que-e-conectividade/>. Acesso em: 24/04/2024.

¹⁷ CONECTIVIDADE. Disponível em: <https://depositphotos.com/br/photo/businessman-using-digital-x-ray-human-brain-interface-3d-render-182496410.html> . Acesso em: 25/04/2024.

2.6 – Drones: na indústria da logística os drones são importantes ferramentas para inspeção de armazéns e infraestruturas em geral, já que podem voar sobre as instalações, capturar imagens em alta resolução permitindo a detecção de problemas, a avaliação de inventários e a manutenção preventiva¹⁸.

Farias & Savenhago (2024) analisaram a participação dos robôs, drones e carros voadores num suplemento sobre o agronegócio do Jornal O Estado de São Paulo¹⁹. Nesse estudo mencionaram diversas atividades do agronegócio favorecidas pela utilização destes equipamentos. Assim os drones podem sobrevoar as fazendas, pulverizar plantações, espalhar fertilizantes e sementes. Os robôs seriam capazes de aplicar herbicidas, facilitar no controle de insetos e realizar tarefas de produção como soldagem, montagem e pintura de peças. O carro voador, esperado para 2025 permitiria o transporte de pessoas e/ou carga, sobrevoando as fazendas em deslocamentos mais rápidos. Estas ferramentas estão disponíveis para a indústria e o comércio, em geral. Na medida da sua evolução, seu efeito deverá se aprofundar.

Os drones são usados, também, na última milha da distribuição física e no e-commerce. As Figuras 6A e 6B mostram drones de carga em operação.



Figura 6A – Drone de carga²⁰.

¹⁸ IDC. *A revolução no ar: Como os drones estão transformando o transporte e a logística*. Disponível em: <https://idc.apddrones.com/transporte/uso-de-drones-en-transporte-y-logistica/>. Acessado em: 24/04/2024.

¹⁹ FARIAS, Fernanda & SAVENHAGO, Igor, *Robô, drone e “carro voador” vão ao campo*, Jornal O Estado de São Paulo, Agro Estádio Especial Agrishow 2024, p.7. (08/05/2024).

²⁰ AERIAL PRODUCTIONS: Disponível em: <https://aerialproductions.es/carga-util-en-drones/>. Acesso em: 18/04/2024.



Figura 6B – Drones numa operação de distribuição física.

2.7 – Gestão de frotas: Hennigan & Watts²¹ definiram a gestão de frotas num texto publicado em 2024. Eles afirmaram que a gestão de frotas era (...) *uma expressão ampla que incluía diversas ações e processos que podem ocorrer a uma frota de cinco ou mais veículos para rodar pontualmente, dentro do orçamento e com a máxima eficiência. Esse sistema de gestão é utilizado por uma ampla variedade de indústrias públicas e privadas, e milhões de veículos no mundo inteiro, gerenciados por algum tipo de programa centralizado.*

Segundo os mesmos autores, a gestão de frotas inclui a compra de veículos, sua manutenção, a segurança da frota e dos motoristas, a gestão orçamentária e o monitoramento. Eles apontaram que a utilização de plataformas de gestão de frotas gerava diversos benefícios, dentre os quais a redução de custos de combustíveis e mão de obra, a localização e o rastreamento de veículos e uma melhor gestão da manutenção. A Figura 7 mostra uma visão parcial da gestão de frotas.



Figura 7 – Visão parcial da gestão de frotas²².

²¹ HENNIGAN Laura & WATTS, Rob. *What is fleet management*. Disponível em: <https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-fleet-management/>. Acesso em: 26/04/2026.

²² SHUTTERSTOCK. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/manager-digital-tablet-on-background-trucks-1931308490>

Os sistemas de gestão de frotas são ferramentas que contribuem a aumentar a eficiência e a reduzir os custos operacionais dessa parte da operação logística. Segundo Thomas (2024)²³ esses sistemas são uma abordagem administrativa que permite as empresas organizarem e coordenarem o trabalho dos veículos com o objetivo de melhorar a eficiência, reduzir os custos e atender as exigências governamentais de conformidade (compliance).

2.8 – Internet das coisas: VisualTrans (2021)²⁴, num texto que analisa a Internet das coisas, afirmou que essa tecnologia facilitava a integração das comunicações e permitia centralizar e processar as informações obtidas por meio de diversos dispositivos, para oferecer soluções aos desafios da logística 4.0, melhorando os processos e aumentando a produtividade e a eficiência.

Segundo Amazon (2023)²⁵, as siglas IoT referem-se a uma rede coletiva de dispositivos conectados e a tecnologia que facilita a comunicação entre os dispositivos e a nuvem e entre os próprios dispositivos. A internet das coisas integra as coisas de uso diário com a internet. A Figura 8, extraída do mesmo texto, idealiza o conceito. Nela pode-se observar dispositivos ligados a nuvem nos lares, nos lugares de trabalho e no transporte.

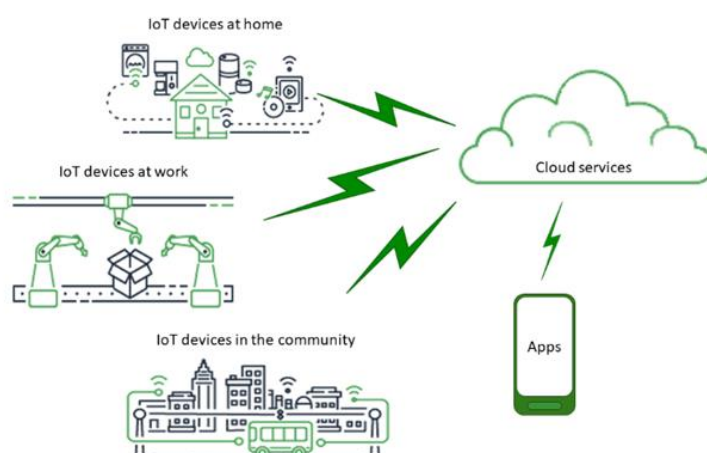


Figura 8 – Exemplo de IoT nos lares, no trabalho e na comunidade.

2.9 – Robótica: Thiago Schoba (2024)²⁶ afirma que esta disciplina explora, cria e desenvolve novas tecnologias em máquinas, computadores, softwares e sistemas em geral, partindo do controle mecânico e automático. A Figura 9 idealiza o conceito.

²³ THOMAS, Jeff. *What is Fleet Management*, Merchantsfleet. Disponível em:

<https://www.merchantsfleet.com/articles/what-is-fleet-management/> . Acesso em: 26/04/2024.

²⁴ VISUALTRANS. *Internet das coisas na logística*. Disponível em: <https://visualtrans.com/noticias/tecnologias-de-la-logistica-4-0-iot-el-internet-de-las-cosas> . Acesso em: 22/04/2024.

²⁵ AMAZON. *O que é a Internet das coisas?* Disponível em: <https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/> . Acessado em: 24/04/2024.

²⁶ SCHOBA, Thiago. *Robóticas: O que é, para que serve e benefícios*. Disponível em: <https://inobag.com.br/blog/otimizacao-recursos/roboticas/> . Acesso em: 24/04/2024.

As aplicações desta tecnologia vão desde a embalagem de produtos até atividades industriais mais complexas, passando pela medicina e a fisioterapia. Em logística é comum observar a utilização de robôs na embalagem, na formação de paletes, assim como na separação e na carga e descarga de veículos.



Figura 9 – Imagem de um Robô.

A Figura 10 apresenta um sistema de paletização e a Figura 11 dois robôs da Federal Express carregando um caminhão.



Figura 10– Paletizadora KUKA²⁷

²⁷ KUKA. Disponível em: <https://www.kuka.com/pt-br/ramos-de-atividade/banco-de-dados-de-solu%C3%A7%C3%B5es/2020/10/scott> . Acesso em: 24/04/2024.



Figura 11 – Robôs da Federal Express (FEDEX) carregando um caminhão²⁸.

2.10 – Veículos autônomos: Existem, segundo a SAE, cinco níveis de automação nos veículos. Matsubara (2022)²⁹ publicou um texto aplicado aos carros autônomos explicando a alcance de cada um. Esses níveis são apresentados na Tabela 1, elaborada pelo autor.

Níveis de automação da condução	
Nível	Grau de automação
0	Sem automação
1	Assistência ao motorista
2	Automação de direção parcial
3	Automação condicional de condução
4	Alta automação de condução
5	Automação de direção completa
Fonte:	Matsubara, Vitor (2022)

Tabela 1 – Níveis de automação da condução de veículos.

²⁸ FEDEX. Disponível em: <https://www.wired.com/story/fedexs-new-robot-loads-delivery-vans-like-its-playing-3d-tetris/>. Acesso em: 24/04/2024.

²⁹ MATSUBARA, Vitor. *Entenda os 5 níveis de condução autônoma de um carro*. Disponível em: <https://www.mobiauto.com.br/revista/entenda-os-5-niveis-de-conducao-autonoma-de-um-carro/2246> . Acesso em: 25/04/2024.



Figura 12 – Empilhadeiras autônomas.

Na indústria da logística as empilhadeiras e os caminhões autônomos estão sendo cada vez mais utilizados. As empilhadeiras, de acordo com Reeman (2023)³⁰ são veículos que podem elevar, mover e armazenar paletes ou outras cargas usando sensores, câmeras e programas para navegar. Elas podem realizar tarefas como separar, pegar, transportar e retirar bens sem intervenção humana. A Figura 12 apresenta várias empilhadeiras deste tipo, extraídas do texto de Shreya Desai (2022)³¹.



Figura 13 – Veículo autônomo³²

³⁰ REEMAN. *O que é uma empilhadeira autônoma?* Disponível em: <https://www.reemanrobot.com/news/what-is-an-autonomous-forklift-72578063.html> . Acesso em: 25/04/2024.

³¹ DESAI, Shreya, *Study of an autonomous fork-lift for warehouse operations*. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/study-autonomous-forklift-warehouse-operations-shreya-desai/> . Acesso em: 25/04/2024.

³² Disponível em: https://www.freepik.com/free-vector/self-driving-car-concept-illustration_30590324.htm . Acesso em: 25/04/2024.

Garsten (2024)³³ definiu os veículos autônomos como (...) *um veículo equipado com tecnologias que percebem as condições que o rodeiam, incluindo o tráfego, pedestres, e perigos físicos que pode ajustar seu curso e velocidade sem o controle humano*. A Figura13 apresenta um esquema desta ferramenta.

Os caminhões autônomos são uma novidade ainda em processo de experimentação e de lenta incorporação mas que devem contribuir muito à melhoria dos processos logísticos atuais e futuros. A Figura 14A apresenta um caminhão autônomo da *Torc Robotics*, e a 14B um veículo autônomo da Volvo.



Figura 14A – Caminhão autônomo de carga da Torc Robotics³⁴



Figura 14B – Veículo autônomo de carga da Volvo³⁵.

³³ GARSTEN, Ed. *What are self-driving cars. The technology explained*. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/technology/article/self-driving-cars/?sh=36f2bc685e07> . Acessado em: 25/04/2024.

³⁴ TORC ROBOTICS. *Self-driving trucks: We're in this for the long haul*. Disponível em: <https://torc.ai/trucking/> . Acesso em: 25/04/2024.

³⁵ CARROS IG: Disponível em: <https://carros.ig.com.br/2019-06-17/caminhao-autonomo-da-volvo-inicia-operacoes-de-logistica.html> . Acesso em: 18/04/2024.

2.11 – Outras ferramentas:

Klump (2018)³⁶ estudou a colaboração entre humanos e os recursos artificiais e concluiu que existiam quatro níveis de resistência antes de atingir a plena colaboração entre humanos e a inteligência artificial. A pesquisa foi realizada no campo da condução de caminhões automáticos.

Woschank, Rauch & Zsifkovics (2020)³⁷ apresentaram um marco conceitual para iniciativas de pesquisa na área de inteligência artificial e outras tecnologia avançadas. Nesse texto eles afirmaram que a inteligência artificial era um dos principais facilitadores da logística e das iniciativas de produção inteligentes.



Figura 15 – Imagem de um Robô.

McKinsey (2022) publicou um texto afirmando que a próxima fase da digitalização da manufatura seria estimulada por tendências disruptivas (aumento das bases de dados e a conectividade, analítica, interação homem-máquina e as melhoras na robótica)³⁸. Essa colocação está alinhada com a evolução da inteligência artificial observada nos últimos anos. A Figura 15, publicada pela McKinsey, idealiza o conceito.

³⁶ KLUMPP Matthias (2018). *Automation and artificial intelligence in business logistics systems: human reactions and collaboration requirements*, International Journal of Logistics Research and Applications, 21:3, 224-242, DOI: 10.1080/13675567.2017.1384451

³⁷ WOSCHANK, M., RAUCH E, & ZSIFKOVICS, H. *A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics*. *Sustainability* 2020, 12(9), 3760; <https://doi.org/10.3390/su12093760>

³⁸ MCKINSEY, *What are Industry 4.0, the fourth industrial revolution and 4ir*. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir> . Acesso em: 22/04/2024.

De Muynch (2023) no seu texto *O verdadeiro papel da inteligência artificial em logística*³⁹, afirmou que a logística tem sofrido uma profunda transformação nos últimos anos, comandada por tecnologias muito avançadas, dentre as quais mencionou que a inteligência artificial emergiu como aquela que mudou as regras do jogo, revolucionando a forma como as empresas otimizavam suas cadeias de suprimento.

Grinstore (2023)⁴⁰ apresentou uma definição de IA como (...) *uma tecnologia capaz de ler, armazenar e interpretar dados, assim como simular a capacidade de aprendizado e raciocínio para executar ações automaticamente e tomar decisões inteligentes.*



Figura 16 – Aplicações de IA comuns na logística⁴¹

Kusniaruk (2023) publicou um texto sobre atividades comuns da inteligência artificial na indústria da logística e nele identificou o rastreamento de ativos, a gestão de frotas, a gestão de estoques, o rastreamento de embalagens e a manutenção preditiva. A Figura 16 foi extraída desse artigo.

O'Donnell (2023)⁴² analisou o planejamento das necessidades de distribuição (DRP), apontando que se tratava de um processo sistemático para fazer a distribuição de bens eficiente, determinando que produtos, em que quantidade e em que local eram requeridos, para se antecipar à demanda.

³⁹ DE MUYINCH, Bart. *The true role of AI in logistics*, FORBES Technology Forum (2023).

<https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/08/17/the-true-role-of-ai-in-logistics/?sh=35372eed51d3>

⁴⁰ GRINSTORE: Disponível em: <https://grinstore.com.br/blog/inteligencia-artificial-na-logistica/> . Acesso em: 18/04/2024.

⁴¹ KUSNIARUK, Marcus. *As 6 aplicações mais comuns do IoT na indústria de logística*: Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/6-aplicacoes-mais-comuns-do-iot-na-industria-de-logistica-marcus-kusniaruk/>

⁴² O'DONELL, Jim. *What is distribution requirements planning (DRP)?* Disponível em: <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/distribution-requirements-planning-DRP> . Acesso em: 28/04/2024.

Sem dúvida, os sistemas de distribuição são melhorados com relação a eficiência e redução de custos, pela incorporação de recursos da IA.

No caso da logística, a alteração de toda a cadeia de suprimentos é possível. A utilização da IA nas atividades logísticas incluem a agilização e automação de processos, a coleta e análise de métricas, a integração de sistemas, a redução de custos e o monitoramento de ativos em tempo real, dentre outras. Esse comportamento tem se transformado numa tendência da indústria na procura de eficiência e da melhoria contínua de processos. A Figura 17 idealiza a relação entre IA e logística na área do transporte de carga.



Figura 17 – O que pensa a IA da Logística?⁴³

Newcastle Systems (2023)⁴⁴ analisando a armazenagem e a distribuição afirmou que a inteligência artificial permitia que esses locais simplificassem e automatizassem diversos processos no seu planejamento, para pedir e estocar somente o que necessitam, reduzindo o custo de manter estoques em excesso e diminuindo as chances de ficar sem produtos para atender a demanda. A Figura 18 idealiza o ambiente de distribuição sob o efeito da IA.

⁴³ FRETEFY: Disponível em: <https://www.fretefy.com.br/blog/o-que-a-inteligencia-artificial-pensa-sobre-a-logistica-brasileira> . Acesso em: 18/04/2024.

⁴⁴ NEWCASTLE SYSTEMS, *The role of AI in Warehousing and Distribution*. Disponível em: <https://www.newcastlesys.com/blog/the-role-of-ai-in-warehousing-and-distribution> . Acesso em: 28/04/2024.



Figura 18 – Inteligência Artificial e Distribuição

Em um texto de 2023, Singh⁴⁵ afirmava que a inteligência artificial no transporte tinha se transformado numa solução viável para muitos problemas e possivelmente uma das mais fortes ferramentas para evitar erros de tráfego e humanos, por meio da automação.

Truxcargo (2023) num texto sobre o papel da IA na logística moderna⁴⁶, afirmou que essa tecnologia resultou em aumento de eficiência e redução de custos. Especificamente, essa empresa referiu-se à otimização de rotas, melhor gestão de estoques, e melhor manutenção preventiva de veículos, máquinas e equipamentos.

⁴⁵ SINGH, Jasdeep. *AI in transportation and its impact on daily operations*. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/ai-transportation-its-impact-daily-operations-jasdeep-singh/> . Acesso em: 27/04/2024.

⁴⁶ TRUXCARGO, *The rol of AI in modern logistics*. <https://www.linkedin.com/pulse/role-ai-modern-logistics-its-proscons-truxcargo/>



Figura 19– Inteligência Artificial no transporte.

Ao mesmo tempo, esse recurso aumentava a segurança dos passageiros, diminuía as emissões de carvão no transporte e acompanhava as últimas tendências em logística como a utilização de veículos autônomos e a implementação de sofisticados sistemas de gestão de tráfego ou disponibilizar ferramentas de predição de entregas mais precisas. A Figura 19 foi extraída do mesmo artigo.

Nomus (2024)⁴⁷ pesquisou e publicou um texto sobre as revoluções industriais e nos seus trabalhos ele apontou para a inteligência artificial como o principal ator.

Gomes (2024)⁴⁸ afirmava que a tecnologia e a inovação eram parte da logística moderna, referindo-se à transformação digital, a robótica avançada, os veículos autônomos, a utilização de drones e os sistemas de informação como o ERP (Planejamento das necessidades empresariais) e o TMS (Sistema de gestão de transportes). Nos sistemas de gestão pode ser acrescentado o WMS (Sistema de gestão de armazéns).

⁴⁷ NOMUS. *Indústria 4.0: O que é e quais são as novidades*. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/industria-4/>. Acesso em: 20/04/2024.

⁴⁸ GOMES, Gabriela, *Otimizando a Logística na sua empresa*. Disponível em GESTAOPRO, <https://gestapro.com.br/blog/logistica/otimizando-a-logistica-na-sua-empresa>. Acesso em: 22/04/2024.

O Economist (2024) publicou um suplemento no Jornal O Estado de São Paulo, analisando o impacto da IA na saúde. Desse texto foi extraída a seguinte colocação parcial:

*(...) sistemas de IA confiáveis se mostram capazes de alterar toda a cadeia de prestação de serviços.....*⁴⁹

Nesse texto, a empresa mencionou essa habilidade aplicada a sensores de IoT em contêineres até o padrão de compra dos consumidores. Por esse motivo a antecipação de problemas, a possibilidade de ajustar o fornecimento às variações da demanda, a redução de excessos de estoques e/ou a falta de produtos, são impactos que reduzem custos e aumentam a eficiência. A Figura 20, publicada pela Venturebeat (2024), apresenta a relação com a tecnologia na área de armazenagem, outra atividade fundamental da logística.

A Figura 21, extraída de um texto de Emily Newton (2024)⁵⁰ representa a nova geração de armazéns, caracterizada pelo aumento da utilização da automação. Segunda esta autora, em 2021 80% dos armazéns não possuíam nenhum tipo de automação e em 2023 75% das companhias planejavam automatizar pelo menos algumas operações até o ano 2027. Essa tendência mostra o aprofundamento da utilização de novas tecnologias na logística.



Figura 20 – A inteligência artificial moderniza a armazenagem⁵¹.

⁴⁹ THE ECONOMIST: in: *Como a IA vai revolucionar sua saúde*, Jornal O Estado de São Paulo, 21/04/2024, p. B1-B8.

⁵⁰ NEWTON, Emily, *Next-Gen Warehouses: Advanced Automation takes Center Stage*. Disponível em: <https://www.supplychainconnect.com/supply-chain-technology/article/55020169/next-gen-warehouses-advanced-automation-takes-center-stage?> . Acesso em: 27/04/2024.

⁵¹ VENTUREBEAT. Disponível em: <https://venturebeat.com/business/ai-technology-modernizes-warehouse-management/> . Acesso em: 20/04/2024.

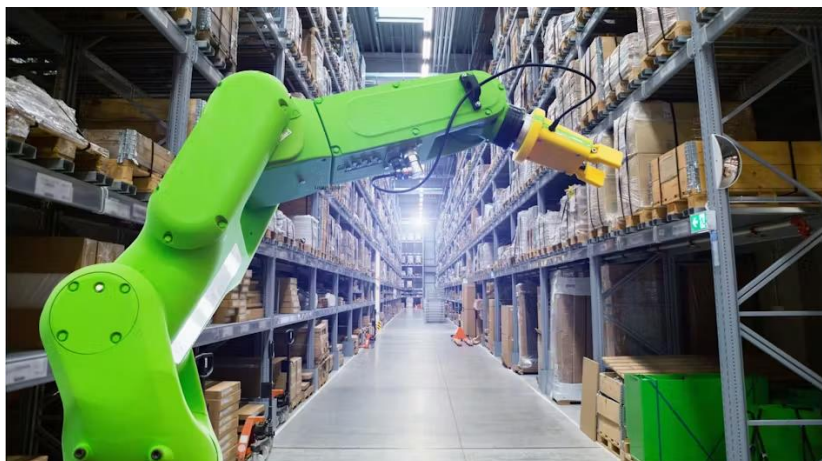


Figura 21 – Próxima Geração de Armazéns.

Sisinna (2024)⁵² publicou um artigo analisando o impacto da IA nos sistemas de gestão de armazéns (WMS) e nas operações de armazenagem. Nesse texto o autor afirmou que:

(...) as tecnologias de IA potencializa os sistemas de gestão de armazéns com qualificações para prever as demandas futuras, otimizar as operações de armazenagem em tempo real e providenciar percepções estratégicas previamente impensáveis.

Analisando enormes bases de dados, os algoritmos de IA podem prever as necessidades de inventário, identificar modelos de atendimento de pedidos, recomendar níveis ótimos de estoque, minimizando o desperdício e reduzindo os custos.

Além disso, os robôs comandados por IA e os veículos guiados automaticamente melhora o trabalho humano promovendo um ambiente de armazenagem mais seguro e produtivo. A Figura 22 idealiza o conceito e foi extraída do mesmo artigo.



Figura 22 – Como a IA impacta os WMS e a armazenagem

⁵² SISINNA, Giovanni, *How AI transforms WMS and Warehousing*. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/how-ai-transforms-wms-warehousing-giovanni-sisinna-dh0tf/> . Acesso em: 27/04/2024.

Outras aplicações mencionadas na bibliografia são o controle rigoroso da temperatura dos contêineres, as alterações de rotas e o redirecionamento de mercadorias, atividades que contribuem ao aumento da eficiência e à redução de custos. A literatura, em geral, oferece informação sobre os diferentes impactos da IA sobre a indústria da logística e a partir dessa informação foi realizado o levantamento por área de atividade da logística e se apresenta na Tabela 2.

Impactos identificados da IA sobre a indústria da logística		
ÁREA	ASSUNTO	MELHORAS ESPERADAS
Geral	Agregação de valor à imagem empresarial	Ganho de confiança dos clientes
	Diminuição de custos operacionais	Redução de custos
	Diminuição de erros	Redução de custos
	Melhor planejamento da cadeia	Ganhos de eficiência
	Melhores decisões	Ganhos de eficiência
	Previsão antecipada de problemas	Ganhos de eficiência
	Previsões mais precisas	Redução de custos
	Redução do desperdício	Ganhos de eficiência
Coleta	Processamento de pedidos	Redução de custos
	Redução do tempo de retirada	Redução de custos
Armazenagem	Melhor aproveitamento do espaço	Redução do custo de armazenagem
	Melhora da escolha da localização	Redução das distâncias
Gestão de estoques	Aumento do giro do estoque	Redução de custos
	Melhora da gestão de inventários	Ganhos de eficiência
	Otimização do tamanho do estoque	Ganhos de eficiência
	Redução de excesso ou falta de estoque	Ganhos de eficiência
Separação e embalagem	Melhora do aproveitamento dos equipamentos	Ganhos de eficiência
	Melhora do processamento de pedidos	Ganhos de eficiência
	Redução do material de embalagem	Redução de custos
	Redução do tempo de carga e descarga	Ganhos de eficiência
Embarque	Melhora do processamento de pedidos	Ganhos de eficiência
	Redução do tempo de carga e descarga	Ganhos de eficiência
	Melhora do aproveitamento dos equipamentos	Ganhos de eficiência
Transporte	Otimização de rotas	Diminuição de distâncias. Redução de custos
	Redução custos de combustíveis	Redução de custos de transporte
	Redução do tempo da viagem	Redução de custos de transporte
	Melhora da segurança dos motoristas	Ganhos de eficiência
	Transporte automatizado	Ganhos de eficiência
	Uso de drones	Ganhos de eficiência
Entrega	Redução do tempo de entrega	Ganhos de eficiência. Melhora da imagem

Tabela 2 – Impactos esperados da Inteligência Artificial sobre a logística.

Diversos outros trabalhos analisados apontam que (...) a IA oferece inúmeras oportunidades de automação de tarefas rotineiras, a melhoria da eficiência e a redução dos custos. Com o avanço contínuo da IA, as possibilidades para a indústria da logística são intermináveis e devem

*incorporar a integração e compatibilização de dados, a escalabilidade, as previsões precisas, criando pontes entre habilidades e conhecimentos, melhorando a eficiência*⁵³.

A Tabela 3 reúne os autores de diversas especialidades que apoiam a ideia de que a Inteligência Artificial tem um impacto positivo sobre a gestão logística, correspondentes ao período 2018 a 2024.

Autores que concordam com os resultados desta pesquisa							
Ano	Empresa	Página	Tema	Ano	Empresa	Página	Tema
2018	KLUMP	18	Automação e Inteligência Artificial	2023	SANTANA	7	Aprendizado de máquina
2019	CONTENT	6	Algoritmos	2023	SINGH	21	Inteligência artificial e transporte
2020	WOSCHANK	18	ML, AI e DL	2023	TRUXCARGO	22	Inteligência artificial na logística moderna
2021	VISUALTRANS	13	IoT na logística	2024	AMAZON	29	ML e inteligência artificial
2022	DESAI	16	Empilhadeiras autônomas	2024	ASCENTY	9	Conectividade
2022	MATSUBARA	15	Níveis de condução autônomo	2024	ECONOMIST	23	Impacto da inteligência artificial
2022	McKINSEY	18	Indústria 4.0	2024	FARIAS	10	Robôs, drones, carros voadores
2023	AMAZON	13	IoT	2024	GARSTEN	17	Veículos autônomos
2023	AWARI	7	Analítica	2024	GOMES	23	Otimização da logística
2023	BAHARADIYA	7	Aprendizado de máquina	2024	HENNIGAN	12	Gestão de frotas
2023	DE MUYINCH	19	Inteligência artificial em logística	2024	NEWTON	23	Automação avançada em armazéns
2023	FIQON	9	Big Data	2024	NOMUS	5	Indústria 4.0
2023	GESTAOPRO	7	Analítica	2024	NOMUS	23	Indústria 5.0
2023	GRINSTORE	19	Inteligência artificial na logística moderna	2024	SCHOB	14	Robótica
2023	KUSNIARUK	19	Aplicações comuns da IA na logística	2024	SISINNA	25	Inteligência artificial e WMS
2023	MIRANDA	9	Big Data	2024	TEGMA	9	Big Data
2023	NEWCASTLE	21	Inteligência artificial e distribuição	2024	THOMAS	13	Gestão de frotas
2023	O'DONELL	20	Inteligência artificial e DRP	2024	VENTUREBEAT	23	A inteligência artificial moderniza a armazenagem
2023	REEMAN	19	Empilhadeiras autônomas				

Tabela 3 – Autores que concordam com os resultados

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada por meio de um levantamento bibliográfico a partir da literatura disponível e da internet. O resultado atingido resultou na compilação das opiniões de diversos autores e empresas interessadas no tema.

Basicamente as observações identificadas mencionam como resultado dessa decisão a redução de custos e o aumento da eficiência operacional, ou seja, esse impacto tem efeitos positivos. A incorporação de veículos autônomos e drones deve melhorar ainda mais esse resultado. Exemplos desta tendência se apresentaram nas Figuras 6A, 6B, 14A e 14B.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as possíveis e esperadas consequência da utilização da inteligência artificial na indústria da logística, resultando a ideia de que os impactos atuais e futuro esperado são favoráveis. A Tabela 3 identifica os autores que alinhados com essas tendências. Sem dúvida, deve haver outros que serão detectadas em pesquisas futuras.

⁵³ CODEPT: Disponível em: <https://en.codept.de/blog/5-ways-to-use-artificial-intelligence-in-logistics>. Acesso em: 18/04/2024.

5 CONCLUSÕES

A evidência bibliográfica apresentada se aplica aos diversos componentes da logística, ou seja, ao transporte (de entrada e saída), a gestão das frotas, a armazenagem, a distribuição (movimentação de materiais, previsão de demanda e atendimento dos pedidos), a gestão dos inventários, e ao planejamento da demanda.

Essa evidência suporta que as tecnologias analisadas são favoráveis porque contribuem a evitar erros, desperdícios, aumentar a eficiência e reduzir custos. Podem-se mencionar os seguintes efeitos atuais e futuros esperados:

- a. **Impactos atuais:** aumento da eficiência e redução de custos pela incorporação de novas tecnologias.
 - i. Veículos elétricos
 - ii. Expansão da utilização de robôs
 - iii. Expansão da utilização de drones
 - iv. Automação de armazéns
 - v. Incorporação de empilhadeiras autônomas
- b. **Impactos esperados futuros:** aprofundamento dos efeitos mencionados, pela evolução das tecnologias atuais e o desenvolvimento de outras devido ao incremento dos efeitos da IA.
 - i. Aprimoramento das técnicas de previsão de demanda e do planejamento de necessidades
 - ii. Desenvolvimento de drones de maior capacidade
 - iii. Desenvolvimento de veículos autônomos
 - iv. Aprofundamento das tecnologias atuais
 - v. Desenvolvimento de novas tecnologias

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERIAL PRODUCTIONS: <https://aerialproductions.es/carga-util-en-drones/>.

AMAZON. *Leverage new tools like machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) to reduce supply chain risks.* <https://aws.amazon.com/pt/industrial/supply-chain-management/?pg=whatisioti&cta=supplychnmngt>

Ibidem. *O que é a Internet das coisas?* <https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/>

ASCENTY. *O que é conectividade?* <https://ascenty.com/blog/artigos/o-que-e-conectividade/>

AWARI, *Análise de dados na Logística.* <https://awari.com.br/analise-de-dados-na-logistica-como-otimizar-processos-e-tomar-decisoes-estrategicas/>

CARROS IG: <https://carros.ig.com.br/2019-06-17/caminhao-autonomo-da-volvo-inicia-operacoes-de-logistica.html>

CODEPT: <https://en.codept.de/blog/5-ways-to-use-artificial-intelligence-in-logistics>.

- CONECTIVIDADE. <https://depositphotos.com/br/photo/businessman-using-digital-x-ray-human-brain-interface-3d-renderi-182496410.html>
- DE MUYINCH, Bart. *The true role of AI in logistics*, FORBES Technology Forum (2023). <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/08/17/the-true-role-of-ai-in-logistics/?sh=35372eed51d3>
- DESAI, Shreya, *Study of an autonomous fork-lift for warehouse operations*. <https://www.linkedin.com/pulse/study-autonomous-forklift-warehouse-operations-shreya-desai/>
- IDC. *A revolução no ar: Como os drones estão transformando o transporte e a logística*. <https://idc.apddrones.com/transporte/uso-de-drones-en-transporte-y-logistica/>
- FARIAS, Fernanda & SAVENHAGO, Igor. *Robô, drone e “carro voador” vão ao campo*, Jornal O Estado de São Paulo, Agro Estadão Especial Agrishow 2024, p.7. (08/05/2024).
- FEDEX. <https://www.wired.com/story/fedexs-new-robot-loads-delivery-vans-like-its-playing-3d-tetris/>
- FERROVIAL – RECURSOS. <https://www.ferrovial.com/es/recursos/logistica/#:~:text=La%20log%C3%ADstica%20es%20la%20actividad,la%20forma%20m%C3%A1s%20eficiente%20posible.>
- FOQON. *Big Data: Tudo sobre Big Data*. <https://fiqon.com.br/big-data-o-que-e-para-que-serve-e-como-utilizar/>
- FREEPIK. https://www.freepik.com/free-vector/self-driving-car-concept-illustration_30590324.htm
- Ibidem. *Robô trabalhando*. Disponível em: https://www.freepik.com/free-ai-image/3d-delivery-robot-working_133139064.htm
- FRETEFY: *O que a inteligência artificial pensa da logística*. <https://www.fretefy.com.br/blog/o-que-a-inteligencia-artificial-pensa-sobre-a-logistica-brasileira>.
- GARSTEN, Ed. *What are self-driving cars. The technology explained*. <https://www.forbes.com/sites/technology/article/self-driving-cars/?sh=36f2bc685e07>
- GESTAOPRO. *Análise de dados na logística*. <https://gestaopro.com.br/blog/logistica/analise-de-dados-na-logistica-como-extrair-insights-valiosos>
- GOMES, Gabriela, *Otimizando a Logística na sua empresa*. <https://gestaopro.com.br/blog/logistica/otimizando-a-logistica-na-sua-empresa>
- GRINSTORE: *Inteligência Artificial na Logística*. <https://grinstore.com.br/blog/inteligencia-artificial-na-logistica/>.
- HENNIGAN Laura & WATTS, Rob. *What is fleet management*. <https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-fleet-management/>
- KLUMPP Matthias (2018). *Automation and artificial intelligence in business logistics systems: human reactions and collaboration requirements*, International Journal of Logistics Research and Applications, 21:3, 224-242, DOI: 10.1080/13675567.2017.1384451; https://ris.utwente.nl/ws/files/256585431/Klumpp_2018_Automation_and_artificial_intelligence.pdf
- KUKA. <https://www.kuka.com/pt-br/ramos-de-atividade/banco-de-dados-de-solu%C3%A7%C3%B5es/2020/10/scott>

KUSNIARUK, Marcus. *As 6 aplicações mais comuns do IoT na indústria de logística*. <https://www.linkedin.com/pulse/6-aplica%C3%A7%C3%B5es-mais-comuns-do-iot-na-ind%C3%BAria-de-marcus-kusniaruk/>

MATSUBARA, Vitor. *Entenda os 5 níveis de condução autônoma de um carro*. <https://www.mobiauto.com.br/revista/entenda-os-5-niveis-de-conducao-autonoma-de-um-carro/2246>

MIRANDA, João Vitor. *Uma breve introdução sobre o que é Big Data*. <https://www.alura.com.br/artigos/big-data?>

McKINSEY, *What are Industry 4.0, the fourth industrial revolution and 4ir*. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>

NEWCASTLE SYSTEMS, *The role of AI in Warehousing and Distribution*. Disponível em: <https://www.newcastlesys.com/blog/the-role-of-ai-in-warehousing-and-distribution>

NEWTON, Emily, *Next-Gen Warehouses: Advanced Automation takes Center Stage*. <https://www.supplychainconnect.com/supply-chain-technology/article/55020169/next-gen-warehouses-advanced-automation-takes-center-stage?>

NOMUS. *Indústria 4.0: O que é e quais são as novidades*. <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/industria-4/>

Ibidem. *Indústria 5.0: O que é, os pilares e o que há de novo*. <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/industria-5-0/?>

PIXABAY. <https://pixabay.com/es/illustrations/ai-generado-robot-cyborg-artificial-8587603/>

REEMAN. *O que é uma empilhadeira autônoma?* <https://www.reemanrobot.com/news/what-is-an-autonomous-forklift-72578063.html>

ROCK CONTENT. *Saiba como funciona um algoritmo...* <https://rockcontent.com.br/blog/algoritmo/>

SANTANA, Rodrigo. *Impactos do Machine-Learning no setor logístico*. <https://www.dataside.com.br/post/os-impactos-do-machine-learning-no-setor-log%C3%ADstico?>

SCHOB, Thiago. *Robóticas: O que é, para que serve e benefícios*. <https://inobag.com.br/blog/otimizacao-recursos/roboticas/>

SHUTTERSTOCK. <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/ai-machine-learning-hands-robot-human-2261332091>

SISINNA, Giovanni, *How AI transforms WMS and Warehousing*. <https://www.linkedin.com/pulse/how-ai-transforms-wms-warehousing-giovanni-sisinna-dh0tf/>

TEGMA, *Gestão Logística*. <https://www.tegma.com.br/big-data-na-logistica-como-a-analise-de-dados-esta-transformando-o-setor-palavras/>

THE ECONOMIST: in: *Como a IA vai revolucionar sua saúde*, Jornal O Estado de São Paulo, 21/04/2024, p. B1-B8.

TORC ROBOTICS. *Self-driving trucks: We're in this for the long haul*. <https://torc.ai/trucking/>

TRUXCARGO, *The rol of AI in modern logistics (2023)*. <https://www.linkedin.com/pulse/role-ai-modern-logistics-its-proscons-truxcargo/>

VENTUREBEAT. <https://venturebeat.com/business/ai-technology-modernizes-warehouse-management/>

VISUALTRANS. *Internet das coisas na logística*. <https://visualtrans.com/noticias/tecnologias-de-la-logistica-4-0-iot-el-internet-de-las-cosas>

WOSCHANK, M., RAUCH E, & ZSIFKOVICS, H. *A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics*. *Sustainability* 2020, 12(9), 3760; <https://doi.org/10.3390/su12093760>