



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

Projeto de Graduação

Graduation Project

Impacto da Inteligência Artificial na Logística: Uma Revisão da Literatura

1.º ciclo de estudos em Ciências Empresariais

Nome do Estudante: Filipe Alexandre Santos Pinho

Orientadora:

Professora Doutora Sandra Bernardo

Junho 2024



**UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA**

Projeto de Graduação

Graduation Project

Impacto da Inteligência Artificial na Logística: Uma Revisão da Literatura

1.º ciclo de estudos em Ciências Empresariais

Nome do Estudante: Filipe Alexandre Santos Pinho

Orientadora:

Professora Doutora Sandra Bernardo

Junho 2024

Agradecimentos

A presente secção pretende agradecer a todos os que se cruzaram com o aluno, no período que culmina com a realização do Projeto de Graduação e conseqüente término da Licenciatura em Ciências Empresarias.

Inicia-se, com um primeiro obrigado à Universidade Fernando Pessoa e à Coordenação da Licenciatura em Ciências Empresarias, na pessoa da excelentíssima Professora Sandra Bernardo, pela forma como acolheram, ajudaram, formaram e desenvolveram o aluno, dotando este de maior capacidade intelectual e também Humana.

O agradecimento estende-se a todo o corpo docente da Licenciatura em Ciências Empresarias, com nova individualização à excelentíssima Professora Sandra Bernardo, que para além do papel de coordenadora e docente, orientou a elaboração do presente Projeto, disponibilizando uma importante ajuda para a realização do mesmo.

A lista de agradecimento estende-se a todos os funcionários da Fundação Fernando Pessoas, desde a equipa de limpeza aos auxiliares.

De seguida, um obrigado muito grande a Júlio Alexandre Pinho e Maria Fernanda Pinho (pais), Daniela Filipa Lopes (namorada), restante família, amigos e colegas de turma.

Por fim, os agradecimentos estendem-se às empresas Aldi Retail, Decathlon e Lidl Cia que permitiram ao aluno trabalhar e estudar simultaneamente, procurando sempre conciliar horários.

Este Projeto não seria possível sem a colaboração de todos, e por isso impera um sentimento de enorme gratidão.

Dedicatória

Este Projeto de Graduação é dedicado a Bruno Miguel Moreira Santos.

"Reina quem não está entre os vulgares." Fernando Pessoa

Resumo

O tema do presente Projeto de Graduação aborda o impacto da Inteligência Artificial (IA) na Logística. Pretendeu-se avaliar o atual impacto da IA no ramo da Logística, indicar as vantagens e desvantagens da sua aplicação, e descrever casos reais de implementação bem-sucedido. Para tal, recorreu-se a uma revisão da literatura existente sobre o tema, selecionando-se artigos que tenham incidido sobre o tema definido. Perceciona-se que a IA está presente no processo Logístico, impactando este setor de forma significativa. Identificam-se várias vantagens no seu uso, como por exemplo, previsão da procura de uma forma mais precisa, melhor gestão de inventário ou planeamento de rotas nos transportes que permitem reduções de custos e otimização de tempos de entrega. Contudo, são também identificadas desvantagens no seu uso, destacando-se evidentemente a substituição do Homem pelas máquinas em algumas tarefas. Questões éticas, privacidade e manuseamento de dados são outras das questões que se levantam. Identificam-se, com a Amazon em lugar de destaque, empresas que retiram grandes benefícios com a inclusão da IA no seu processo Logístico.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Logística; Indústria; Vantagens da IA; Desafios da IA; Revisão de Literatura

Abstract

The topic of this Graduation Project addresses the impact of Artificial Intelligence (AI) on Logistics. The aim was to evaluate the current impact of AI in the field of Logistics, to highlight the advantages and disadvantages of its application, and to describe real cases of successful implementation. To achieve this, a review of the existing literature on the subject was conducted, selecting articles that focused on the defined topic. It is perceived that AI is present in the logistics process, significantly impacting this sector. Several advantages of its use are identified, such as more accurate demand forecasting, better inventory management, and route planning in transportation, which enable cost reductions and optimization of delivery times. However, disadvantages are also identified, notably the replacement of humans by machines in certain tasks. Ethical issues, privacy, and data handling are other concerns that arise. Companies that gain significant benefits from the inclusion of AI in their logistics processes are identified, with Amazon being a prominent example.

Keywords: Artificial Intelligence; Logistics; Industry; AI Advantages; AI Disadvantages; Literature Review

Índice Geral

Agradecimentos	V
Dedicatória.....	VII
Resumo	IX
Abstract.....	XI
Índice de Figuras	XV
Índice de Tabelas	XVII
1. Introdução.....	1
2.Contextualização	3
2.1 O que é a Inteligência Artificial?	3
2.2 O que é a Logística?.....	4
3. Metodologia.....	7
4. Modelo Logístico atual: Implementação da IA	9
4.1 Indústria 4.0	9
4.2 Logística e a implementação da Inteligência Artificial.....	10
5. Avaliação do Impacto da IA na Logística	23
5.1 Vantagens da IA no processo Logístico	23
5.2 Desafios da IA no processo Logístico.....	26
6. Casos reais de sucesso na Implementação da IA na Logística	29
7. Conclusão	33
Bibliografia.....	35

Índice de Figuras

Figura 1-Como estão e vão os humanos lidar com a IA?	2
Figura 2- Indústria 4.0	9
Figura 3- Publicações por ano	12
Figura 4- Capacidade das aplicações de IA.....	14
Figura 5- Procurement e Sourcing.....	15
Figura 6- Otimização Inteligente dos elos logísticos.....	18

Índice de Tabelas

Tabela 1- Obras na origem do PG	8
---------------------------------------	---

1. Introdução

No âmbito da unidade curricular de Estágio e Projeto de Graduação, é proposta a realização de um Projeto de Graduação, com a escolha do tema a ficar a cargo do aluno. Tal projeto é desenvolvido ao longo do segundo semestre do último ano da Licenciatura em Ciências Empresariais, e assinala simultaneamente o fim do ciclo de estudos.

O tema escolhido foi o “Impacto da Inteligência Artificial na Logística: Uma Revisão da Literatura”, inspirado na visita de estudo, que decorreu no mês de novembro de 2023, primeiro semestre do presente ano letivo, à fábrica da IKEA Industry, em Paços de Ferreira.

Existia, pelo menos no imaginário do aluno, uma ideia pré-concebida que o processo Logístico era todo muito manual, e obrigava à presença de vários funcionários nas linhas, fazendo trabalhos repetidos e sequenciais, muito à imagem do projetado pelas filosofias do Fordismo e Taylorismo. Para além disso, aluno concebeu a ideia que a gestão de inventário e planificação de transportes obrigava a uma análise muito morosa e realizada pelo Homem. Essa ideia foi completamente desmentida, por um processo muito desenvolvido do ponto de vista tecnológico que coloca na mesma o Homem como um dos pilares, mas numa função de controlo e não tanto de realização de tarefas repetidas (a Inteligência Artificial assegura muito dessa parte).

A juntar à explicação anterior, ao longo do primeiro semestre, foi lecionada a disciplina de Gestão de Operações de Logística (a referida visita de estudo decorreu no âmbito desta disciplina). O aluno desenvolveu um especial interesse pela área, sendo inclusive uma das possíveis saídas profissionais pretendidas por este.

A sociedade está a ser absorvida pelo avançar da tecnologia, e o tema da Inteligência Artificial (adiante designada por IA) marca a jornada atual. Existe, por um lado, um aceitar muito positivo de algo que pode ser uma mais-valia em termos de tempo e aporta qualidade aos processos, mas por outro, um receio de perda de emprego, substituição por máquinas, entre outros. Os próprios estudantes universitários, e também em parte Professores, já utilizam a IA, com recurso por exemplo ao ChatGPT, de forma diária. A questão que se faz, ilustrada na Figura 1, é “como vai ser o futuro do Homem com este avançar da IA?”, sendo da mais elementar importância perceber como é que a Logística, um dos setores mais importantes da economia e com preponderância vital para os cidadãos, é impactada pela IA.

Figura 1-Como estão e vão os Humanos lidar com a IA?



Fonte: Anthony et al. (2020)

O objetivo do presente trabalho consiste em avaliar o atual impacto da IA no ramo da Logística, indicar as vantagens e desvantagens da sua aplicação, e descrever casos reais de implementação bem-sucedido.

A metodologia utilizada é a revisão de literatura, adequada para fornecer uma visão abrangente e fundamentada dos estudos já existentes, permitindo identificar tendências, desafios e melhores práticas na aplicação da IA na Logística.

O trabalho apresenta-se dividido em seis secções, para além da introdutória. A seguinte secção procura uma contextualização sobre os conceitos de IA e Logística, seguida de uma breve explicação sobre a metodologia adotada. A quarta secção (sem contar com a presente) procura demonstrar em que ponto se encontra a implementação da IA no ramo da Logística, sendo que no quinto capítulo são enumeradas vantagens e desvantagens do uso da IA. A penúltima secção, é dedica à apresentação de casos reais de implementação de IA com benefícios claros para as empresas. Por fim, o último capítulo procura uma reflexão sobre o tema, e exposição das conclusões retiradas do estudo.

Portanto de forma resumida, este projeto, com recurso a uma revisão da literatura disponível, pretende perceber e expor como é que a IA impacta o processo Logístico, medindo vantagens e desvantagens, e procurando ilustrar com exemplos práticos.

2.Contextualização

O atual capítulo pretende realizar uma abordagem aos conceitos de Logística e Inteligência Artificial (IA), procurando explicar as definições dos anteriores.

2.1 O que é a Inteligência Artificial?

De acordo com Angeli et al. (2019), citado por Resende e Menezes (2020), a IA é um conjunto de tecnologias que permite às máquinas aprender, compreender, atuar e replicar comportamentos. Confere às máquinas versatilidade e uma capacidade de entender os comportamentos do Homem. Prosseguem, escrevendo que a IA permite criar uma relação de sinergia entre Homem e máquina, proporcionando uma nova era de produtividade com um aprimoramento eficaz em velocidade e precisão.

Os mesmos autores, citando Santos (2020), relatam que a IA faz parte da ciência da computação, e que por meio de símbolos digitais ajuda o Ser Humano a pensar e resolver problemas (Resende & Menezes, 2020).

Resende e Menezes (2020) mencionam que a IA já vem sendo desenvolvida desde 1955, com o cunho do Professor John McCarthy, que idealizou algo que fosse capaz de usar computadores para entender a inteligência Humana.

Os anteriores autores, citando Totvs (2020), mencionam que é a IA é um conjunto de soluções tecnológicas, que permitem realizar um processo de forma inteligente e autónoma, sendo essencial para as empresas que se desejam modernizar e ser competitivas no mercado. Além do processo de automação, é capaz de gerar aprendizagem pelos processos cognitivos. Através desse processo inteligente, o sistema torna-se capaz de reproduzir atividades repetitivas, numerosas e manuais, mas também capaz de analisar e tomar decisões (Resende & Menezes, 2020).

De acordo com Wang (2021), os conceitos de “Internet das coisas” e IA misturam-se e simbolizam em termos práticos a mesma coisa. Para o autor, a IA insere-se no campo da automação, sendo capaz de desenvolver sistemas que realizam tarefas que habitualmente requerem inteligência Humana, como reconhecimento de padrões e tomada de decisões.

Richey et al. (2023) partilham de um conceito semelhante aos anteriores, descrevendo a IA como uma variedade de tecnologias que conseguem fazer uma aprendizagem das máquinas, processamento de linguagem natural, visão computacional e robótica, permitindo desta forma que as máquinas aprendam com os dados. Prosseguem,

escrevendo que desta forma os sistemas se conseguem adaptar e realizar tarefas que tradicionalmente requeriam a inteligência Humana. A adoção generalizada da IA é impulsionada pelo seu potencial para melhorar a eficiência, aprimorar a tomada de decisões, automatizar tarefas e desbloquear novos *insights* a partir de vastas quantidades de dados.

Kota (2018) indica que a IA surgiu no ano de 1956, inventada por John McCarthy e refere-se à capacidade de computadores/máquinas executarem tarefas que exigem inteligência Humana. Destacam a aprendizagem através de dados, o reconhecimento de padrões, a tomada de decisões e resolução de problemas de forma autónoma. A IA pode ser encontrada desde assistentes virtuais até carros autónomos, tornando-os capazes de realizar tarefas complexas sem intervenção direta do Homem.

2.2 O que é a Logística?

Segundo Carvalho (2020), a definição de Logística remonta a origens militares, destacando-se cinco grandes componentes: abastecimento, transporte, manutenção, evacuação e hospitalização de feridos e serviços complementares.

O Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, 2013) define Logística como o processo de planeamento, implementação e controlo de procedimentos para o transporte e armazenamento eficiente e eficaz de bens, incluindo serviços, e informação relacionada, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, com o objetivo de se adequar aos requisitos dos clientes. Inclui movimentos de entrada (*inbound*), de saída (*outbound*), internos e externos.

O anterior, continua defendendo que a Gestão Logística é uma das componentes da Gestão da Cadeia de Abastecimento, sendo responsável por planear, implantar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso e as operações de armazenamento de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo de forma a ir ao encontro aos pedidos dos clientes. Tipicamente, inclui atividades como gestão de transportes de entrada e saída, gestão da armazenagem, gestão de materiais e seu armazenamento, gestão da resposta a encomendas, desenho da rede Logística, planeamento do abastecimento e da procura, gestão dos prestadores de serviço Logísticos, entre outros. Sendo que em diversos casos, inclui *sourcing* e *procurement*, planeamento e a programação da produção, embalagem e montagem, e por fim o atendimento ao cliente (CSCMP, 2013).

O CSCMP (2013) descreve a Gestão Logística como uma função de integração que coordena e otimiza todas as atividades de Logística, integrando esta atividade com outras funções, como Marketing, Vendas, Produção, Finanças e Tecnologia da Informação. A gestão Logística está assim envolvida em todos os níveis de planejamento e execução - estratégico, operacional e tático.

Para Soumpenioti e Panagopoulos (2023), a Logística é um elemento fundamental da Cadeia de Abastecimento, e por consequência importante para a satisfação do cliente. Envolve a coordenação de diversas atividades para garantir a entrega oportuna e precisa de produtos e serviços, satisfazendo as expectativas e exigências dos clientes. Complementam, enfatizando a importância da Logística na obtenção da agilidade e capacidade de resposta da Cadeia de Abastecimento.

Operações Logísticas eficientes permitem às empresas adaptarem-se rapidamente às mudanças nas condições do mercado, reduzir os tempos de espera e aumentar a flexibilidade geral da Cadeia de Abastecimento. Desta forma, a Logística é parte ativa na gestão de custos, uma vez que práticas Logísticas eficazes, como por exemplo rotas de transporte otimizadas, gestão eficiente de inventário e operações de armazenagem simplificadas, podem reduzir significativamente os custos em toda a Cadeia de Abastecimento (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Ainda no mesmo artigo, referem que no contexto da gestão da Cadeia de Abastecimento, a Gestão Logística desempenha um papel crucial ao garantir o fluxo eficiente de bens, serviços e informações desde o ponto de origem até ao ponto de consumo. Abrangendo uma vasta gama de atividades, como transporte, armazenamento, gestão de inventário e cumprimento de pedidos. A gestão eficaz das operações Logísticas é fundamental para as empresas que procuram satisfazer as exigências dos clientes, reduzir custos e obter uma vantagem competitiva no mercado global atual (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

3. Metodologia

Uma vez que a abordagem deste trabalho se baseia numa revisão de literatura sobre diversos estudos que investigaram o impacto da Inteligência Artificial (IA) na Logística, procura-se localizar, analisar, sintetizar e interpretar a investigação prévia (revistas científicas, livros, atas de congressos, resumos, entre outras), relacionada com a sua área de estudo, assumindo-se como uma análise bibliográfica pormenorizada, referente aos trabalhos já publicados sobre o tema (Bento, 2012).

No presente trabalho, começou-se por utilizar duas grandes bases de dados: Google Académico e B-On; para iniciar a pesquisa utilizou-se a descrição “Impacto da IA na Logística”. Deste primeiro estudo foram selecionados 33 artigos, que após triagem, tradução e análise, resultaram em 8 artigos principais de suporte à realização do projeto, sendo ainda utilizados para informações pontuais mais alguns artigos.

A Tabela 1 destaca as principais contribuições que influenciaram este trabalho, além de resumir as ideias apresentadas por cada um desses autores.

Tabela 1- Obras na origem do PG

Autor (ano)	Título da publicação	Perspetivas dos autores
Chen e Hu (2021)	Research on the Impact of Artificial Intelligence on the High-quality Development of the Logistics Industry —Based on the Perspective of Total Factor Productivit	Mecanismo pelo qual a IA afeta a produtividade total dos fatores na indústria Logística.
Kota (2018)	Artificial intelligence in logistics applications and algorithms	Ferramentas de IA existentes e aplicadas na Logística.
Manassa e Devi (2022)	Amazon's Artificial Intelligence in Retail Novelty - Case Study	Estudo de caso: Exemplo da IA na Amazon.
Resende e Menezes (2020)	A importância da inteligência artificial e da internet das coisas na indústria 4.0	A Indústria 4.0: ferramentas como a IA, Internet das coisas, Big Data, entre outros no desenvolvimento da Indústria.
Richey et al. (2023)	Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research	Potenciais aplicações da IA dentro do domínio da Gestão Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento, juntamente com uma análise dos desafios de implementação.
Soumpenioti, Panagopoulos (2023)	AI Technology in the Field of Logistics	Impacto da IA nos papéis e no emprego, bem como na abordagem das preocupações relacionadas com a privacidade dos dados, segurança e considerações éticas na área da Logística. A pesquisa destaca que a tecnologia da IA está a remodelar os papéis profissionais na Logística através da automatização e do surgimento de novas posições.
Villanueva-Eslava et. (2023)	Artificial intelligence and logistics services: a systematic literature review	Revisão sistémica sobre o impacto da IA no processo Logístico, procurando analisar a literatura existente sobre a temática em questão.
Wang (2021)	Artificial Intelligence Applications in the New Model of Logistics Development Based on Wireless Communication Technology	Enquadramento técnico da IA e explora a modernização e transformação das empresas de Logística e da Cadeia de Abastecimento, desde a infraestrutura Logística até às ferramentas de produção e aos processos operacionais, impulsionados pela tecnologia de IA.

Fonte: Elaboração Própria

4. Modelo Logístico atual: Implementação da IA

O presente capítulo pretende relatar como é que a Inteligência Artificial (IA) está a impactar a Logística na atualidade.

4.1 Indústria 4.0

Inicia-se de uma forma mais ampla (não focada na Logística em concreto), procurando fornecer um enquadramento do momento que a Indústria na generalidade vive.

Figura 2- Indústria 4.0



Fonte: Resende e Menezes (2020)

De acordo com Resende e Menezes (2020), vive-se atualmente na Indústria 4.0, Figura 2, que se começou a desenhar ainda no meio do século XX, mas com real implementação entre os anos de 2011 e 2013. Para estes, a Indústria 4.0 representa um avanço tecnológico nas áreas da automação, controlo e tecnologia da informação, sendo aplicada no processo de manufatura e no processo produtivo. Caracteriza-se fortemente pelo aprimoramento do trabalho entre Homem e máquina.

Ainda segundo os autores anteriores, a Indústria 4.0 incorpora a conectividade entre IA, *Data Science*, *Big Data*, *IoT*, *Machinelearning*, entre outros. A sua característica mais vincada é a capacidade de produção em tempo real, respondendo de forma praticamente espontânea às necessidades do consumidor. Pereira (2017), citado por Resende e Menezes (2020), considera que existem cinco princípios básicos na Indústria 4.0: capacidade de resposta em tempo real (todos os dados são fornecidos instantaneamente, havendo possibilidade de decisão em tempo real); forte orientação para o serviço (os *softwares* existentes são guiados para disponibilizarem as soluções que a empresa necessita);

modularidade (a produção é realizada de acordo com a procura, e o seu módulo de produção é acoplado e desacoplado de acordo com essa procura, proporcionando uma grande flexibilidade na alteração das tarefas das máquinas facilmente); descentralização (a própria máquina tem a autonomia da tomada de decisão de acordo com as necessidades da produção em tempo real); virtualização (monitoramento e rastreamento de forma remota de todos os processos da empresa).

De acordo com mesmos, e citando Chiaça (2019), as empresas que querem ser competitivas têm que inovar a nível tecnológico, usando uma produção inteligente, que se traduz numa produção com o custo já definido e uma adaptação clara às necessidades de cada cliente. Assumem que as máquinas devem ocupar determinadas tarefas que o Homem realiza, contudo este não desaparece do processo, assumindo sim uma posição de controlo e análise de dados. Para que não haja muito prejuízo do Ser Humano, é necessário formar profissionais qualificados, e deixar bem claro que a ideia não é as máquinas ocuparem os seus lugares (Resende & Menezes, 2020).

Ainda num âmbito mais geral, ou seja, procurando analisar a indústria com um todo, percebe-se que o Homem ao ver o desenvolvimento da tecnologia sempre sonhou com o desenvolvimento artificial. Para os autores, o Homem projetou máquinas com capacidade de analisar e sintetizar a voz Humana e pensar como o Ser Humano. Citando Cabral (2018), Resende e Menezes (2020) escrevem que a IA há pouco tempo só existia em ficção científica, porém nos dias correntes há máquinas (não necessariamente com corpo físico) que adquiriam a habilidade de pensar e agir como o Ser Humano, facilitando assim as tarefas e modernizando a indústria.

Para Resende e Menezes (2020), a IA é um dos pilares atuais da Indústria 4.0 uma vez que engloba um conjunto de tecnologias operacionais (instrumentação e controlo) e de tecnologias de informação, que quando utilizadas de forma correta podem trazer uma revolução no processo de produção no geral. Os problemas passam a ser resolvidos de forma mais autónoma e há um aperfeiçoar da produção.

4.2 Logística e a implementação da Inteligência Artificial

Procurado uma compreensão mais concreta da forma como a IA impacta a Logística na atualidade, recorre se a Soumpenioti e Panagopoulos (2023), que escrevem que a Logística está a assistir a uma transformação profunda com a rápida adoção da tecnologia de IA.

Para os anteriores autores, o uso da IA otimiza a gestão de inventário e a previsão da procura, possibilitando que as empresas façam previsões precisas e reduzam os custos de manutenção de inventário. Os sistemas de gestão de inventário impulsionados pela IA têm mostrado resultados promissores na melhoria da precisão das previsões e na redução das roturas de *stock*. Continuam escrevendo que a otimização de rotas impulsionada pela IA considera múltiplas variáveis, incluindo condições de tráfego e requisitos de entrega, resultando em custos de transporte reduzidos e tempos de entrega melhorados. As operações de armazém também estão a ser transformadas através da automação alimentada por IA, simplificando processos e melhorando a precisão nas tarefas de classificação, seleção e embalagem. Desta forma, a Logística vê-se praticamente obrigada a recorrer à IA, uma vez que os ganhos em qualidade para o cliente são grandes (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Soumpenioti e Panagopoulos (2023) mencionam que a integração da tecnologia de IA na Logística está a moldar a indústria de uma maneira sem precedentes, otimizando muito as operações. Conseguindo-se enfrentar os desafios da privacidade de dados, segurança e ética, a Logística conseguirá aproveitar totalmente o poder da IA, transformando-se assim completamente o processo. Atualmente, o grande desafio deste ramo da Cadeia de Abastecimento é encontrar o equilíbrio certo entre automação e envolvimento Humano, impulsionando a eficiência operacional, fomentando a inovação e alcançando uma vantagem competitiva neste cenário em rápida evolução.

Segundo Wang (2021), na China, ainda no ano de 2015, o Governo destacou a importância de tirar partido do papel de otimização e integração da *Internet* na alocação dos fatores de produção, integrando profundamente a *Internet* em diversos setores da economia e reforçando o poder de inovação em todos os setores da sociedade. Perante este desenvolvimento tecnológico, a Logística teria de implementar a modernização tecnologia da informação, desenvolvendo-se assim uma “Logística Inteligente”.

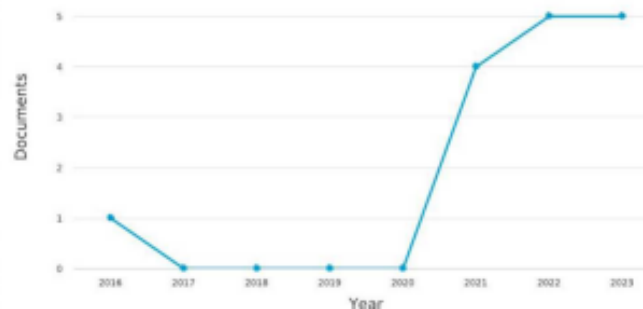
Perante a anterior informação, o autor escreve que na China desde o ano de 2015, iniciou-se uma nova fase de revolução científica e tecnológica, promovendo a integração profunda da IA com a indústria Logística. A introdução de sistemas de informação alterou os elos Logísticos, de transporte e de armazenamento, passando de uma ausência de troca de informações para uma Logística inteligente, comunicativa e consultável. Isto, também impulsionou a informatização e a padronização das redes Logísticas, promovendo a partilha de informações e a comunicação interligada. Os profissionais da área têm de dar

maior atenção ao equilíbrio dos diversos elos Logísticos, à otimização dos custos no planeamento global, e à utilização de tecnologia de informação moderna e equipamento funcional (Wang, 2021).

O autor relata, e salvaguardando-se em dados do Centro de Informação e Dados Logísticos da China, que a Logística em 2016 faturou 229,7 triliões de *yuans*, crescendo para 252,8 triliões de *yuans* em 2017. Portanto, e na evidência de cada vez mais as pessoas poderem realizar diversas atividades através de casa, como as compras *online*, a Logística viu-se mesmo obrigada a uma transformação “Inteligente”. A indústria Logística, tem cada vez mais suporte na IA, principalmente ao nível do tratamento de dados, acelerando a eficiência da construção do sistema Logístico, e elevando o nível de forma a proporcionar serviços mais satisfatórios aos consumidores (Wang, 2021).

Villanueva-Eslava et al. (2023) através de uma revisão da literatura, apontam que desde o ano de 2016, a IA na Logística vem sendo investigada, contudo só nos anos seguintes a 2021 é que ocorreu uma evolução marcante da IA na Logística. Tal constatação, deve-se ao facto de em 2016 ter havido uma publicação referente ao tema, e durante os anos de 2017 a 2020 não terem sido encontradas publicações. No ano de 2021 foram encontradas quatro publicações, e nos anos de 2022 e 2023 foram encontradas cinco publicações em cada um dos anos, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3- Publicações por ano



Fonte: Villanueva-Eslava et al. (2023)

Estes autores pesquisaram ainda quais as ferramentas de IA que são aplicadas de forma mais influente no processo Logístico. Começam esta parte do estudo, concluindo que os problemas dos serviços Logísticos que a maioria das indústrias enfrenta, como armazenamento, tempo de manuseio, transporte e monitorização de cargas, entre outros, não só geram grandes perdas económicas para as empresas, como também encarecem os produtos para o utilizador final, devido aos elevados custos do processo Logístico. Portanto, com implementação de IA, a Logística tenta diminuir esses custos, procurando

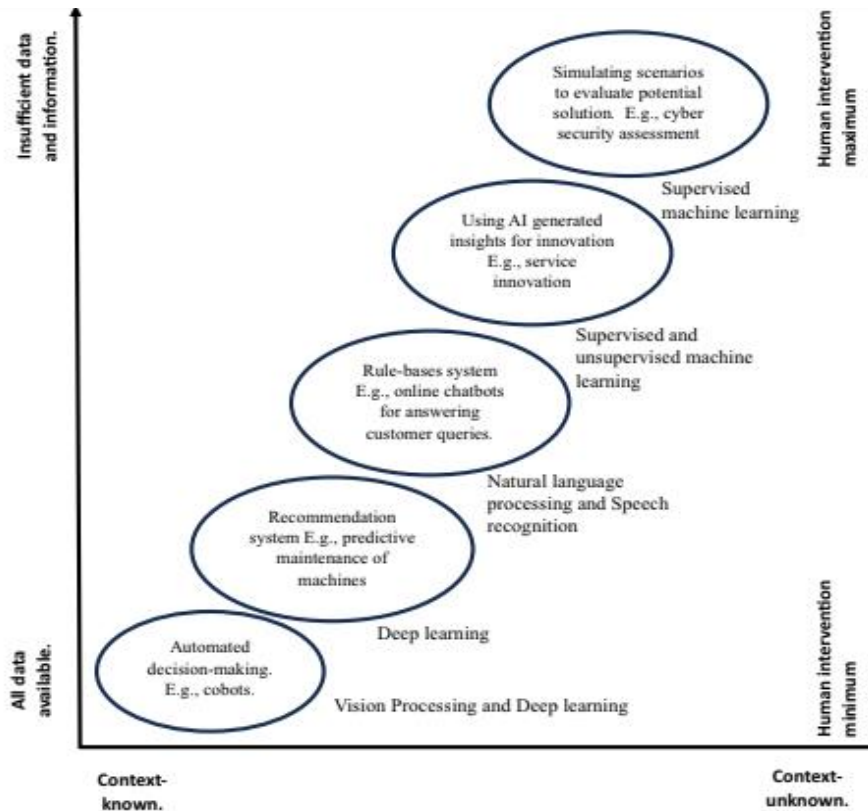
políticas de maior eficiência. Para tal, identificam o *Blockchain*, *Deep Learning*, *Internet das Coisas* (IoT), Contratos Inteligentes e *Software* especializado como as ferramentas mais usadas (Villanueva-Eslava et al. 2023).

Richey et al. (2023) iniciam o seu artigo, relatando que aos dias atuais existe uma interseção entre a IA e a Logística, e que a primeira tem tido um impacto enorme em todas as áreas da indústria.

Avançam, indicando que a IA está em alta no ciclo de Hype da Gartner (representação das fases pelas quais uma nova tecnologia passa) no que confere às tecnologias relacionadas com a Logística e a Gestão da Cadeia de Abastecimento. Os mesmos autores, citando Pessot et al. (2023), indicam que os fenómenos da IA, como a automação de processos robóticos (por exemplo, robôs colaborativos), técnicas em visão computacional, reconhecimento da fala, aprendizagem de máquina e processamento de linguagem natural, abriram novos caminhos para gerenciar de forma eficaz e eficiente a tomada de decisões complexas e a gestão das operações da Logística (Richey et al. 2023)

Richey et al. (2022), citado pelos autores anteriores, indicam que os recursos acima descritos permitem desenvolver capacidades dinâmicas, permitindo às organizações reinventar estruturas, flexibilizar políticas, inovar processos e oferecer novas improvisações para a criação de valor. Ilustram, Figura 4, as capacidades das aplicações de IA existentes no ecossistema empresarial (Richey et al. 2023).

Figura 4- Capacidade das aplicações de IA



Fonte: Richev et al. (2023)

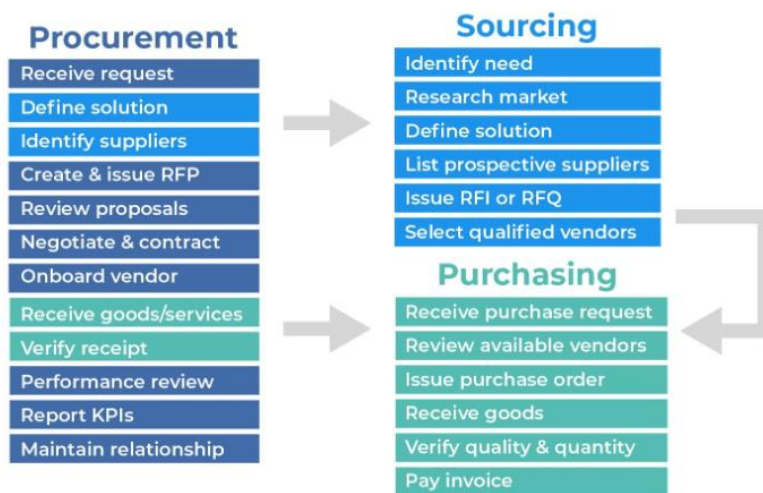
Admitem, e esta afirmação deve ser sublinhada, que com a IA há uma simplificação de tarefas e conseqüente redução do envolvimento Humano. Contudo esta redução leva a que os Homens fiquem ocupados com novas responsabilidades de tomada de decisão decorrentes das informações que a IA gera (Richey et al. 2023).

Para Richey et al. (2023) e analisando a Cadeia de Abastecimento, citando IBM (2023), a integração da IA leva a uma mudança sistêmica nos paradigmas operacionais, remodelando fundamentalmente as práticas tanto a montante, abrangendo a aquisição de matérias-primas, as complexidades da fabricação e as relações com fornecedores, como a jusante, incorporando estratégias de distribuição, envolvimento do cliente e serviços pós-venda. A montante, a IA transforma as relações com os fornecedores e a gestão de inventário através da análise preditiva e do processamento de dados em tempo real. Por sua vez, a jusante, consegue-se perceber de forma mais real as experiências do cliente, devido a uma maior personalização fornecida por impulsos da IA.

Duas das áreas da Logística são o *Procurement* e o *Sourcing*, descritos na Figura 5. Os autores anteriores descrevem o *Sourcing* como sendo o processo de identificar, avaliar e selecionar fornecedores ou fontes de suprimentos para adquirir os produtos, materiais ou

serviços necessários para uma organização. É a etapa inicial na gestão de compras, no qual a empresa procura fornecedores que atendam às suas necessidades de qualidade, preço, prazo de entrega, entre outros critérios. Já o *Procurement*, que inclui o *Sourcing*, é descrito como o processo mais amplo que inclui todas as etapas desde a identificação das necessidades da organização até a finalização da compra (Richey et al. 2023).

Figura 5- Procurement e Sourcing



Fonte: Symms (2024)

Os autores defendem que a implementação da IA para estas duas etapas foi muito importante uma vez que na avaliação e seleção de fornecedores oferece uma abordagem revolucionária, ultrapassando os métodos convencionais que geralmente envolvem análise e tomada de decisões manuais. A capacidade da IA de examinar rapidamente vastas quantidades de dados de inúmeros potenciais fornecedores, enquanto considera uma ampla gama de parâmetros, como custo-efetividade, qualidade do produto, confiabilidade, eficiência operacional e sustentabilidade, permite a geração de um excelente portfólio de fornecedores. Prosseguem, escrevendo que a IA pode fornecer descrições detalhadas das vantagens e desvantagens de cada fornecedor, facilitando desta forma a criação de várias táticas de negociação de termos contratuais com base em dados históricos e no comportamento previsto dos fornecedores (Richey et al. 2023).

Continuam afirmando que na atualidade, graças à implementação da IA, as empresas já conseguem formular estratégias de distribuição eficazes e percursos Logísticos, considerando restrições e objetivos, como redução de custos, maximização do nível de serviço, interrupções de rota, condições climáticas (capacidade de desenvolver planos de contingência em caso de interrupções, como congestionamentos de tráfego ou condições

climáticas severas) e considerações ambientais. Dão um exemplo, relatando que a capacidade da IA permite, aos dias de hoje, o desenho de uma rota para um caminhão de entrega que faz várias paragens dentro de uma cidade, minimizando o tempo de viagem ou o consumo de combustível. Além disso, a IA pode fornecer justificações textuais para as rotas selecionadas, oferecendo aos gestores Logísticos uma gama mais ampla de opções e facilitando uma tomada de decisão superior (Richey et al. 2023).

Ao nível do inventário e sua gestão em armazém, os autores consideram que há muitas restrições e estipulações explícitas, como por exemplo as zonas de entrada. Porém, na atualidade, com uso da IA, as empresas já projetam *layouts* ideais para atividades de armazenamento e *picking* dentro dos armazéns. Fatores como a frequência da procura específica do item, dimensões físicas da mercadoria e capacidades de vários equipamentos de armazenamento e manuseio são consideradas para este *design* algorítmico (Richey et al. 2023).

O parágrafo acima foi observado na prática na visita de estudo realizada à IKEA, onde há um colocar estratégico dos artigos com maior rotação em zonas mais próximas da saída, e com mais fácil acesso. O próprio sistema desenvolvido pela empresa, divide os artigos de acordo com a sua rotação e indica o local onde devem ser arrumados.

Richey et al, (2023) enumeram que os poderes preditivos da IA facilitam previsões de procura, permitindo que as empresas programem os seus pedidos aos fornecedores de forma mais precisa. Isso permite práticas de gestão eficientes, mitigando o desperdício e ampliando a eficiência de recursos e processos. Além da previsão da procura, o processo Logístico atual com recurso à IA cria políticas de inventário flexíveis, otimizando os custos de excesso de *stock* ou falta deste. Por exemplo, formula estratégias para a gestão de inventário *just-in-time*, diminuindo potencialmente os custos de armazenamento e melhorando a gestão dos fluxos em armazém.

Os autores, de acordo com Morgan et al. (2023), relatam que no cenário atual da Gestão Logística, a integração da IA promete um potencial sem precedentes para inovação e eficiência. No entanto, não está isenta de desafios substanciais. A contínua adoção e integração da IA dentro dos *frameworks* (estruturas ou modelos conceituais que fornecem diretrizes, padrões ou abordagens sistemáticas para resolver problemas específicos, realizar tarefas ou tomar decisões em determinados contextos) existentes impulsionam uma gama complexa de obstáculos que abrangem considerações éticas, privacidade de dados, transparência e visibilidade (Richey et al. 2023).

Os autores reconhecem que o setor estabelece estratégias robustas para proteger-se contra o uso indevido potencial e violações de segurança inerentes às tecnologias de IA e suas variantes, ao mesmo tempo em que procura uma sinergia entre a experiência Humana e a inteligência automatizada. Explorar esses desafios é vital para criar um caminho que possa aproveitar todo o potencial da IA enquanto mitiga os riscos associados, promovendo um setor da Logística que não seja apenas tecnologicamente avançado, mas também produtivo, resiliente e sustentável (Richey et al. 2023).

No âmbito do parágrafo anterior, destacam alguns dos desafios que a Logística enfrenta na contínua implementação da IA (Richey et al. 2023):

- Treinar a IA: O uso de aplicações de IA e suas variantes, apresenta desafios significativos ao integrá-los em qualquer domínio. Essas aplicações estão dependentes de vastas quantidades de dados para funcionar de forma otimizada, e adquirir ou gerar esses dados pode ser intensivo em recursos. Dados de alta qualidade, diversos e representativos são imperativos para garantir que os sistemas possam gerar saídas significativas e perspicazes de informação;
- Vieses: Existem desvios que levam a erros no processamento de dados. Relatórios das empresas e pesquisas acadêmicas têm destacado inúmeras situações em que sistemas de IA exibiram comportamentos tendenciosos, o que pode significar que o sistema de IA pode priorizar injustamente certos fornecedores, produtos ou regiões, possivelmente levando a oportunidades desiguais e discriminação sistemática. Também pode resultar em previsões defeituosas e tomadas de decisão erradas, afetando significativamente a eficiência e eficácia de uma organização;
- Operacionalização: Operacionalizar sistemas de IA é uma missão complexa, e assume-se com tarefa árdua facultar os dados mais precisos para o sistema. Tendo em conta que previsões ou decisões incorretas por parte de um sistema de IA podem ter repercussões econômicas substanciais, a questão da operacionalização da IA é mesmo uma questão vital. O modelo aprende por tentativa e erro, aprendendo efetivamente as melhores ações a serem tomadas em vários estados. Embora poderoso, esse trabalho requer recursos computacionais consideráveis, e o processo de aprendizagem às vezes pode ser um tanto duvidoso, tornando difícil prever ou entender completamente as decisões do modelo;

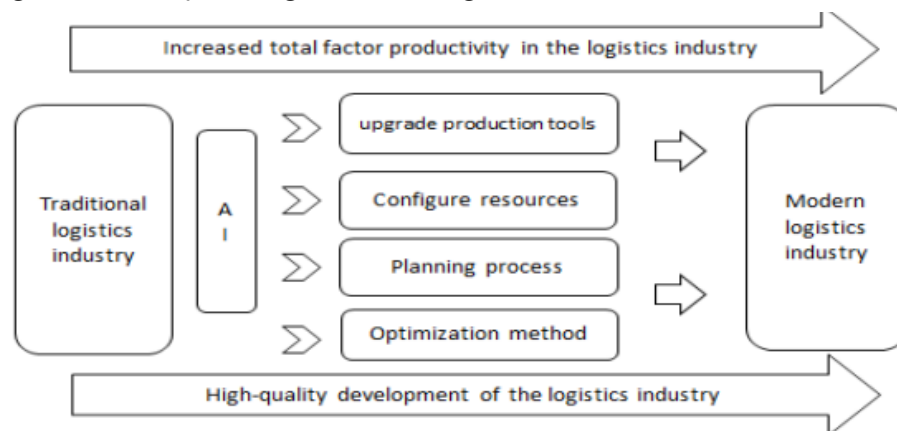
- Cibersegurança: Violações de dados relacionadas com a IA são uma preocupação crescente, especialmente na Logística, onde uma vasta quantidade de informações sensíveis é manuseada diariamente.

Os autores descrevem ainda, que a atual implementação da IA tem provocado profundas alterações nos protocolos de tomada de decisão, e consequentes alterações na estrutura organizacional das instituições. Citam Klumpp e Ruiner (2022), para relatar que a IA representa uma força potente capaz de remodelar a dinâmica de emprego da indústria. Isso sinaliza uma mudança transformadora que está a levar a uma redefinição da dinâmica de trabalho, dos cenários de emprego e da natureza dos empregos dentro do setor, tema amplamente discutido na literatura existente (Richey et al. 2023).

Para Chen e Hu (2021), a IA tornou-se uma ferramenta crítica para promover a transformação e modernização da indústria Logística. Consideram que a Logística é um campo importante para promover a construção de um país com forte qualidade, e citando Chen Yanbin et al. (2019), constatam que a IA pode aumentar o grau de automação do processo de produção, substituir o trabalho manual por sistemas e equipamentos inteligentes, reduzindo assim a procura por mão de obra e melhorando a produtividade total dos fatores.

Os autores afirmam que a IA impacta a produtividade total dos fatores da indústria Logística, através da modernização inteligente das ferramentas de produção, da alocação inteligente dos recursos e da otimização dos elos logísticos, ilustrados na Figura 6 (Chen & Hu, 2021).

Figura 6- Otimização Inteligente dos elos logísticos



Fonte: Chen e Hu (2021)

Relatam, com base em He Liming, (2017), que o desenvolvimento da tecnologia de IA deu origem a uma série de equipamentos inteligentes, como robôs, veículos de transporte guiados automaticamente, veículos não tripulados, *drones*, entre outros, que através da tecnologia de controlo autónomo, podem realizar tarefas inteligentes de apreensão, empilhamento, manuseio e navegação autónoma, tornando todo o sistema de operações Logísticas altamente flexível e expansível. Em armazéns inteligentes, os robôs inteligentes complementam e substituem uma grande quantidade de trabalho Humano, executando tarefas rotineiras (mas que exigem dispêndios de tempo) e mecânicas. Isso não só reduz os custos de mão-de-obra para as empresas de Logística, como também promove a inovação nas ferramentas de produção, equipamentos básicos e trabalho na indústria Logística (Chen & Hu, 2021).

No que diz respeito à gestão de inventário, os autores consideram que através da análise de dados históricos de vendas, as empresas podem ajustar dinamicamente os níveis de inventário de forma oportuna, permitindo que o inventário circule de maneira ordenada. Para além disso, na China, a IA permite que a Gestão Logística integre fatores como a localização geográfica de clientes, fornecedores e fabricantes, selecionando cientificamente os locais mais rentáveis para implementar armazéns e fornecendo às empresas soluções otimizadas para evitar interferências Humanas e minimizar os custos operacionais (Chen & Hu, 2021).

Para perceber o impacto da IA na China, os anteriores autores, desenvolveram um estudo que pretendeu avaliar o poder da IA sobre a produtividade total dos fatores da indústria Logística. Para tal, numa primeira fase, procuraram entender se no país já referido a produtividade total dos fatores da indústria Logística era dominada pelo progresso tecnológico ou pela eficiência tecnológica. Concluíram, entre os anos de 2005 e 2017, que de facto a produtividade é maioritariamente influenciada pelo progresso tecnológico. De seguida, procuraram saber se a IA tem interferência nesse progresso, e verificaram que esta pode influenciar significativamente o progresso tecnológico da indústria Logística (Chen & Hu, 2021).

Resumidamente, Chen e Hu (2021), consideram que a IA tem um impacto significativo e positivo na produtividade total dos fatores da indústria Logística da China, ou seja, o desenvolvimento da IA pode promover o desenvolvimento da Logística. Analisam a produtividade total dos fatores, identificando que a Inteligência Artificial tem um impacto significativamente positivo no avanço tecnológico da indústria Logística. Embora o

desenvolvimento da IA impulse esse avanço tecnológico, não parece afetar de forma significativa a eficiência técnica da indústria Logística. Concluem assim, que a Inteligência Artificial impulsiona a produtividade geral da indústria Logística ao estimular o seu progresso tecnológico.

Kota (2018) identifica que uma das dificuldades mais básicas da Logística é definir o caminho mais curto. Embora a dificuldade seja aparentemente de simples resolução, tornou-se ao longo dos anos uma questão sempre presente. A IA, através de algoritmos, tem conseguido ajudar na resolução do problema, ultrapassando questões como ruas de sentido único, horários de trabalho, tempo de direção e restrições de combustível, oferecendo assim uma maior eficiência do sistema de transporte, permitindo ganhos de tempo e redução de custos.

Soumpenioti e Panagopoulos (2023) identificam que a Logística (e também a Gestão da Cadeia de Abastecimento) enfrenta alguns desafios como cadeias complexas, otimização da entrega na última milha, gestão de dados e otimização da força de trabalho. Identificam na IA atuais qualidades que ajudam na ultrapassagem destas dificuldades. Começando pelas redes de cadeias complexas, os autores, citando de Min et al. (2021), defendem que a IA otimiza a visibilidade da Cadeia de Abastecimento, prevendo a procura e auxiliando na tomada de decisões, ajudando assim as empresas de Logística a gerir estas redes complexas e com múltiplos *stakeholders*. Já ao nível da otimização na última milha, a IA permite otimizar rotas de entrega, rastrear remessas em tempo real e permitir a alocação dinâmica de recursos, melhorando a eficiência da entrega e por consequência a satisfação do cliente. Já ao nível da gestão de dados e otimização da força de trabalho, a IA permite que haja uma ajuda na gestão, processamento e análise de dados, auxiliando as empresas de logística a obter *insights* acionáveis a partir de grandes volumes de dados, e permite automatizar tarefas rotineiras, libertando recursos Humanos para atividades estratégicas, melhorando a produtividade da força do trabalho (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Continuam afirmando que a IA tem revolucionado a indústria Logística através das suas diversas aplicações, transformando diferentes aspetos das operações Logísticas, aumentando a eficiência e os processos de tomada de decisão. Uma das principais aplicações da IA na Logística é a previsão da procura e a gestão de inventário. Algoritmos de IA analisam dados históricos, tendências de mercado e fatores externos para prever a procura com precisão. Isto permite que haja otimização dos níveis de inventário,

minimização de roturas de *stock*, redução dos custos de manutenção de inventário e garantam a disponibilidade oportuna dos produtos. A IA está a transformar as operações de armazém através da automação. Robôs equipados com IA realizam tarefas repetitivas, como separação, *picking* e embalamento, com precisão e eficiência (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Soumpenioti e Panagopoulos (2023) mencionam que a IA analisa dados em tempo real dos sensores dos equipamentos, detetando anomalias e prevendo as necessidades de manutenção. Isso permite que as empresas de Logística agendem manutenções proactivamente, reduzindo o tempo de inatividade dos equipamentos, melhorando a confiabilidade dos ativos e otimizando os custos de manutenção.

5. Avaliação do Impacto da IA na Logística

Ficou comprovado, no capítulo anterior, que a Inteligência Artificial (IA) aos dias de hoje já está implementada na Logística, o que traz consigo benefícios/vantagens, e certamente obstáculos/desvantagens.

5.1 Vantagens da IA no processo Logístico

Até ao presente ponto, já ficaram evidentes vantagens da utilização da IA no processo Logístico. Neste capítulo procura-se enumerá-las de forma mais concreta.

Wang (2021) considera que as empresas Logísticas para serem competitivas têm de implementar sistemas de IA. Para este, em teoria, as empresas mais rurais têm menos acesso às tecnologias, e dessa forma o seu sucesso pode estar comprometido. Porém Wang (2021) vê aqui uma oportunidade de desenvolvimento das zonas mais rurais do país, uma vez que tendo em vista a insuficiência de informatização no desenvolvimento da Logística rural, as áreas rurais devem acelerar a construção de plataformas de informação Logística para que os vendedores de produtos agrícolas possam captar informações de mercado e canais de venda em tempo útil, tornando a produção comercializável. Além disso, permite que seja implementada uma supervisão eficaz dos elos de transporte Logístico, armazenamento, distribuição e outros através do terminal da plataforma de informação, o que melhora a eficiência Logística.

O mesmo autor realça que através da IA há maior transparência em termos de processamento de informações. Para além do remetente poder ver o estado de transporte dos materiais, os destinatários e até alguns concorrentes podem fazê-lo através da plataforma de rede. O trabalho Logístico, neste caso da etapa do transporte, passa a estar sobre a supervisão de muitos olhares. Portanto, se uma empresa quiser satisfazer os seus clientes com os seus serviços e evitar que estes sejam capturados pelos concorrentes, deve melhorar o mecanismo da operação Logística, tornando a operação o mais transparente possível (Wang, 2021).

Segundo Soumpenioti e Panagopoulos (2023), a IA consegue aumentar a produtividade do processo Logístico uma vez que amplia as capacidades do Homem e as empresas automatizam processos e modelos de organização. São reduzidos tempos de inatividade e há um melhor controlo da qualidade.

Prosseguem, indicando que a indústria dos transportes e da Logística está a utilizar a IA para otimizar o planeamento de rotas, melhorar a visibilidade da Cadeia de Abastecimento e permitir veículos autónomos. As tecnologias da IA têm o potencial de revolucionar a forma como os bens são transportados e entregues, melhorando a eficiência e reduzindo os custos. A IA desempenha um papel crucial na otimização dos níveis de inventário e na previsão da procura. Ao analisar dados históricos, os algoritmos de IA identificam padrões e tendências, permitindo que as empresas façam previsões precisas e reduzam os custos de manutenção de inventário (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Destacam que a IA está a transformar as operações de armazém, através de processos automatizados de classificação, seleção e embalagem. Robôs e sistemas automatizados alimentados por IA podem lidar eficientemente com tarefas repetitivas, melhorar a precisão e aumentar a capacidade de produção. Estes sistemas de gestão de armazém impulsionados por IA apresentam melhorias significativas na produtividade e nas taxas de atendimento de pedidos (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Para os anteriores, há inúmeros benefícios também nas seguintes tarefas:

- Previsão da procura: Os algoritmos de IA analisam dados históricos e fatores externos para melhorar a precisão da previsão de procura, possibilitando níveis de inventário otimizados e entregas atempadas;
- Planeamento Ótimo de Rotas: Os algoritmos de IA consideram variáveis como as condições de tráfego, requisitos de entrega e capacidade do veículo para otimizar o planeamento de rotas, resultando em custos de transporte reduzidos e tempos de entrega melhorados;
- Manutenção Preditiva: Os sistemas de manutenção preditiva alimentados por IA monitorizam equipamentos em tempo real, detetando anomalias e permitindo manutenção proativa, reduzindo assim o tempo de inatividade e melhorando a fiabilidade dos ativos.

Desta forma, afirmam que há melhoria da eficiência, também fruto de a IA conseguir automatizar tarefas repetitivas. Ao automatizar os processos de armazém, a IA reduz erros Humanos, melhora a produtividade e aumenta a eficiência operacional geral. À medida que a tecnologia de IA continua a avançar, os profissionais da Logística têm a oportunidade de aproveitar as suas capacidades e ganhar uma vantagem competitiva na indústria (Soumpenioti & Panagopoulos, 2023).

Totvs (2020), citado por Resende e Menezes (2020), considera que existem inúmeros benefícios no uso da IA na Logística, destacando a melhoria na tomada de decisão, visto que a Inteligência Artificial é capaz de organizar e verificar dados imprecisos e confusos, permitindo uma tomada de decisão mais informada. Assinalam, ainda, que a IA acelera o processamento de informações, complementando tarefas físicas e aumentando a velocidade das operações. Consegue identificar anomalias, falhas e outros pontos fracos nos processos operacionais, reduzindo erros, aumentando a eficiência operacional e, conseqüentemente, diminuindo custos e evitando problemas para as equipas.

Richey et al. (2023) ressaltam a capacidade da IA em analisar vastas quantidades de dados diversificados e em tempo real, incluindo tráfego, clima, especificações de veículos e custos de combustível, elaborando rotas de transporte mais eficientes e com redução de custos. Ao otimizar rotas Logísticas, minimizar necessidades de armazenamento e aproveitar ao máximo os recursos utilizados, a IA ajuda as empresas a reduzir a pegada de carbono e promover a sustentabilidade. Loskev (2022), citado pelos autores acima mencionados, relata que muitas tarefas que eram manualmente trabalhosas e demoradas são agora executadas em pouco tempo uma vez que se encontram automatizadas, permitindo um fluxo de trabalho mais simplificado e eficiente.

Os mesmos autores, citando Chowdhury et al. (2022), veem na implementação de IA na Logística uma oportunidade de novas oportunidades de emprego. Esses empregos podem envolver a gestão, manutenção e otimização de sistemas de IA, exigindo uma força de trabalho menos manual e mais habilidosa para navegar nas nuances da tecnologia avançada e no seu controlo. O Homem pode colaborar perfeitamente com sistemas de IA, fomentando uma relação simbiótica que aproveita tanto os seus pontos fortes como o das máquinas, ou seja, inteligência colaborativa (Richey et al. 2023).

Tal ideia é também suportada por Soumpeniotti e Panagopoulos (2023), que defendem que a implementação da IA na Logística tem implicações na dinâmica do emprego. Enquanto a automação está a eliminar determinadas tarefas rotineiras, está simultaneamente a criar oportunidades para o desenvolvimento de competências e o surgimento de novos papéis na formação de sistemas, análise de dados e implementação estratégica de IA. Desta forma, o Homem fica liberto de tarefas que envolvem dispêndios de tempo significativos, e passa a ocupar-se de tarefas que envolvem a parte mais intelectual, como controlo de operações e gestão dos dados fornecidos pela IA.

He Liming (2017), citado por Chen e Hu (2021), destaca que em armazéns onde vigora uma forte componente de IA, os robôs inteligentes complementam e substituem uma grande quantidade de trabalho Humano, executando tarefas complicadas e mecânicas. Isso não só reduz os custos de mão-de-obra para as empresas de Logística, como também promove a inovação nas ferramentas de produção e equipamentos básicos de trabalho na indústria Logística.

Para os mesmos autores, a IA permite uma gestão científica do inventário e desta forma há uma redução significativa de desperdícios de recursos da empresa (Chen & Hu, 2021).

5.2 Desafios da IA no processo Logístico

Sem pesquisa de literatura existente, é facilmente comprovado, desde conversas mais informais a formais, que um dos maiores receios da população é a substituição do Homem por máquinas no posto de trabalho.

Richey et al. (2023), com base em pesquisas do Goldman Sachs (Banco de Investimentos) e citando Vallance (2023), indicam que aproximadamente 300 milhões de posições de trabalho enfrentam o potencial risco de serem substituídas por IA. Ao mesmo tempo, citando dados recentes da OCDE (Perspetiva de Emprego da OCDE, 2023), sugerem que a IA poderia prontamente automatizar quase 27% dos empregos da OCDE, que predominantemente dependem da inteligência Humana. Além disso, citam Kochhar (2023), ao relatar que um estudo realizado pelo Centro de Pesquisa Pew indica que um em cada cinco trabalhadores americanos ocupa uma posição suscetível de ser substituída pela IA. Esta automação, embora aumente a produtividade, gera uma mudança nas habilidades exigidas no local de trabalho. Os funcionários precisam de se adaptar desenvolvendo habilidades que complementam as capacidades da IA, focando-se em áreas onde a inteligência Humana tem uma vantagem distintiva, como pensamento estratégico, resolução de problemas, persuasão, negociação e relações interpessoais (Richey et al. 2023).

Prosseguem, indiciando que a substituição e o deslocamento de empregos são prováveis consequências desta adoção tecnológica. Tarefas rotineiras, especialmente aquelas que são repetitivas e exigem intervenção Humana mínima, estão prestes a serem substituídas (Richey et al. 2023).

Percebe-se assim, que o risco de substituição do Homem pela IA é real. Frank et al. (2023) realizaram um estudo que procurava analisar até que ponto a implementação de IA afeta

o mercado de trabalho, particularmente na previsão de desemprego e mudanças nas habilidades procuradas. Constatam que a IA por si só isolada não impacta de forma direta na taxa de desemprego, contudo agregada com outros modelos, pode aumentar o risco de desemprego em várias áreas, localizações geográficas e com probabilidade de aumentar o risco de maiores taxas de desemprego ao longo do tempo.

Bordot (2022) compartilha de sentimento semelhante ao parágrafo anterior, estimando que um aumento de 10% no uso de robôs industriais está associado a um aumento de 0,42 pontos percentuais na taxa de desemprego, sendo que este efeito será ainda maior em colaboradores com baixo nível de escolaridade, uma vez que estes estão geralmente associados à realização de tarefas mais rotineiras e repetitivas.

Por sua vez, Maity (2022) reconhece a vantagem da IA levar à criação de novas oportunidades de trabalho, com criação de novos postos, mas aponta que este fenómeno de implementação de IA leva obrigatoriamente ao surgimento de mais despedimentos e pedidos de demissão.

Richey et al. (2023) consideram que por vezes a IA tem “alucinações”. Estas referem-se a casos em que o modelo gera saídas que não se baseiam em dados reais ou informações factuais, mas são fabricadas ou distorcidas pelo próprio modelo. Podem ser um problema significativo para a Gestão Logística, onde precisão e confiabilidade são fundamentais. Na Logística, previsões ou decisões incorretas por parte do sistema de Inteligência Artificial podem ter repercussões económicas muito importantes. Por exemplo, um sistema de IA que prevê incorretamente um aumento na procura de um produto específico pode resultar em excesso de *stock*, aumento dos custos de armazenamento e possível obsolescência. Por outro lado, subestimar a procura pode resultar em roturas, perda de vendas e danos nas relações com os clientes.

Outra das grandes questões que se levantam, segundo os anteriores autores, prende-se com violações de dados relacionadas com o uso IA. Na Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento, existe uma grande quantidade de informações sensíveis a circular. Violações de dados podem ocorrer como resultado de bancos de dados/redes pouco seguros, os quais podem resultar em acessos não autorizados a informações sensíveis, esquemas de *phishing*, visando pontos fracos na Cadeia de Abastecimento. Uma violação de dados pode resultar na perda de oportunidades de negócios, já que clientes e parceiros podem optar por se dissociar de uma organização comprometida. Após uma violação, as organizações devem realizar forte investimento na atualização da sua infraestrutura e

protocolos de segurança. Ficam sujeitas a enfrentar um aumento da fiscalização por parte dos reguladores, incluindo possíveis auditorias e requisitos regulatórios mais rigorosos. Podem também, enfrentar ações legais de partes afetadas, incluindo clientes, fornecedores ou acionistas. Dada a crescente dependência de sistemas de IA na gestão da Logística, as organizações devem estar cientes dos riscos elevados de violações de dados. Medidas proativas, incluindo a segurança de redes, proteção de dados e promoção de uma cultura de conscientização em cibersegurança, podem ajudar na proteção de ameaças significativas. No entanto, estas ações preventivas exigem um forte investimento financeiro e de capital humano (Richey et al. 2023).

Soumpeniotti e Panagopoulos (2023) afirmam que à medida que a IA continua a penetrar na indústria da Logística, levantam-se preocupações relacionadas com a privacidade dos dados, segurança e considerações éticas. As vastas quantidades de dados necessárias pelos sistemas de IA requerem medidas robustas para proteger informações dos clientes e das operações, enquanto cumprem com regulamentos de privacidade. A natureza interligada dos sistemas de IA também introduz riscos de ameaças cibernéticas e violações de dados, enfatizando a necessidade de fortes medidas de cibersegurança. Considerações éticas em volta da transparência, equidade e responsabilidade devem ser cuidadosamente consideradas para garantir a utilização responsável e imparcial da tecnologia de IA nas operações Logísticas.

Wang (2021) relata que na China existem políticas incompletas para a aplicação da IA no ramo da Logística, existindo várias imperfeições nos regulamentos existentes. Desta forma torna-se difícil fornecer garantias quanto ao desenvolvimento das empresas de Logística a nível legal e político. Existem grandes riscos ocultos devido à desordem e falta de regulamentação. A China depara-se com grandes dificuldades para encontrar mão de obra qualificada para lidar com a IA ao nível do ramo da Logística. Outra grande desvantagem, prende-se como facto de pequenas empresas, com recursos limitados, ficarem com um fosso ainda maior para grandes empresas com IA aplicada.

Para Resende e Menezes (2020), países como o Brasil vão encontrar sérias dificuldades para acompanhar este desenvolvimento da IA, uma vez que se deparam com limitações no desenvolvimento tecnológico, dificuldades no financiamento, precariedade, elevado custo de infraestrutura e fragilidade dos sistemas educacionais e de formação profissional. Para além de apresentar uma estrutura tributária regressiva, tem uma grande falta de mão de obra qualificada para lidar com a IA.

6. Casos reais de sucesso na Implementação da IA na Logística

Soumpeniotti e Panagopoulos (2023) destacam alguns exemplos onde a Inteligência Artificial (IA) tem impactado a Gestão Logística:

- Citando Mandelbaum (2019), dão o exemplo da Amazon, gigante global do comércio eletrônico, que adotou extensivamente a tecnologia de IA nas suas operações Logísticas. A empresa utiliza algoritmos de IA para otimizar a sua rede de centros de distribuição, simplificar a gestão de inventário e melhorar os processos de entrega. Por exemplo, utiliza algoritmos de aprendizagem automática para prever a procura dos clientes com precisão, otimizar o armazenamento de produtos nos armazéns e reduzir os custos de manutenção de inventário. Com recurso a Pecht (2020), afirmam que através da robótica potenciada por IA, a Amazon automatizou as operações de armazém, resultando num cumprimento de pedidos mais rápido e com maior eficiência;

- A United Parcel Service (UPS), empresa mundial de Logística e entregas, utilizou a IA para otimizar as suas operações de entrega de encomendas. A UPS utiliza um motor de otimização orientado por IA, designado por ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation) para otimizar rotas de entrega e reduzir o consumo de combustível. O ORION analisa fatores como o volume de encomendas, compromissos de entrega e padrões de tráfego para gerar rotas eficientes para os motoristas;

- Citando Berglund (2019), escrevem que a Maersk, empresa global de transporte marítimo, adotou a IA para melhorar as suas operações de transporte de contentores. Utiliza algoritmos de aprendizagem automática para otimizar o planeamento de carga de contentores, permitindo uma melhor utilização do espaço de carga e uma maior eficiência no manuseio de mercadorias. A empresa também implementou sistemas de manutenção preditiva baseados em IA para reduzir o tempo de inatividade e melhorar o desempenho dos navios;

- A DHL, empresa de Logística e correio expresso, integrou a tecnologia de IA nas suas operações para melhorar a eficiência e a qualidade do serviço ao cliente. A DHL utiliza algoritmos de IA para otimizar o planeamento de rotas, melhorar os horários de entrega e permitir o rastreamento em tempo real das remessas. Ao aproveitar a IA, a DHL conseguiu entregas mais rápidas e precisas, enquanto reduziu os custos de transporte (Soumpeniotti & Panagopoulos, 2023).

Manassa e Devi (2022) consideram que a Amazon é uma das maiores empresas de comércio eletrônico a nível mundial, e para tal muito contribui o facto de ser líder em inovação e tecnologia nos seus processos de Logística. A Amazon utiliza um serviço de previsão baseado em Machine Learning (ML), designado por Amazon Forecast, para prever a procura por produtos e otimizar assim o seu *stock*. O Amazon Forecast é um serviço totalmente automatizado que usa algoritmos estatísticos e de aprendizagem de máquina para fornecer previsões de séries temporais altamente precisas. A Amazon também usa IA para identificar padrões de procura e ajustar os seus *stocks* dinamicamente, reduzindo o tempo de espera dos clientes e melhorando a eficiência dos seus processos Logísticos.

De acordo com os autores, o processo de previsão da procura da Amazon é dividido em quatro etapas: Coleta de Dados, Análise e Processamento, Modelos Preditivos e Ajustes e Melhorias. No primeiro, há uma coleta de dados de diferentes fontes, como histórico de vendas, dados de *stock*, informações de fornecedores e dados meteorológicos. Estes dados são armazenados para posterior análise e processamento. De seguida, a Amazon utiliza ferramentas de análise de dados para identificar padrões e tendências nos dados coletados. Além disso, a empresa utiliza técnicas de pré-processamento, como limpeza e normalização de dados, para garantir a qualidade destes. Com base nos dados analisados e processados, a empresa desenvolve modelos preditivos utilizando técnicas de aprendizagem das máquinas. Esses modelos são treinados com dados históricos e utilizados para prever a procura futura por produtos. Na última etapa, a Amazon desenvolve ajustes e melhorias nos modelos preditivos com base nos resultados obtidos e *feedback* dos usuários. Estes ajustes e melhorias são essenciais para garantir a precisão das previsões de procura e a eficiência do processo de otimização de *stocks* (Devi & Manassa, 2022).

Com recurso à IA, os autores consideram que a Amazon consegue laborar com o *stock* certo de cada produto, sem excessos ou escassez, qualquer que seja o período temporal. A IA ajuda a empresa a identificar quais os produtos que têm maior procura e quais os que têm menor. Com isto, a Amazon otimiza o seu *stock* e garante que os produtos estejam disponíveis quando os clientes precisarem deles (Devi & Manassa, 2022).

A IA também é utilizada pela Amazon para otimizar a logística de entrega de produtos. A empresa utiliza algoritmos para analisar dados de tráfego em tempo real e prever a melhor rota para os motoristas de entrega. Desta forma, a Amazon consegue fazer as entregas dos

produtos de forma mais célere e com mais eficiência, reduzindo os custos de entrega e melhorando a experiência do cliente. Com isto, houve uma redução massiva das reclamações dos clientes por falhas nos prazos de entrega e a empresa aumentou as suas vendas (Devi & Manassa, 2022).

Segundo Manassa e Devi (2022), a empresa utiliza um processo de verificação visual de seis pontos que se assume como uma tarefa demorada e muitas vezes difícil de acompanhar devido ao elevado volume de produtos que são processados. Atualmente, os programadores da Amazon Fulfilment Technologies, em Berlim, estão a desenvolver uma ferramenta de IA avançada que pode “detetar irregularidades” e assinalar mercadorias defeituosas antes de estas serem enviadas para o cliente final. Estão a desenvolver um modelo de aprendizagem automática através de imagens referência para ensinar a máquina a comparar o produto que está a ser averiguado com o produto ideal padrão (sem anomalias). Os autores, e com base na própria empresa, indicam que o sistema de IA é três vezes mais eficaz do que a identificação manual de produtos danificados.

7. Conclusão

Após revisão da literatura existente, o autor do Projeto de Graduação, considera que o principal objetivo foi cumprido: consegue-se estabelecer uma ligação entre Inteligência Artificial (IA) e Logística. Existe de facto uma relação entre os dois temas, sendo que a IA impacta fortemente a Gestão da Logística.

Verifica-se que existem inúmeros benefícios com a implementação da IA, existindo um claro ganho de eficiência no processo. Tal deve-se em grande parte ao facto de as previsões serem realizadas com base na análise de dados da procura real do consumidor final. Desta forma, há uma redução de custos com a gestão de inventário e consequente redução do preço final do produto para o cliente.

Os resultados da pesquisa são ainda unânimes, ao relatar que há um claro ganho no desenhar das rotas de transporte. A IA planeia essas rotas de forma mais eficiente, com melhora nos tempos de entrega e redução dos custos, que resulta num claro ganho de qualidade do serviço e maior satisfação do cliente.

Questões éticas, continuam a ser um dos grandes obstáculos/desafios da IA, sendo que a Logística precisa de continuar a trabalhar nesta temática de forma a proteger os seus dados, e evitar violação destes.

Contudo o grande tema que se impõe e é apontado por muitos como a maior desvantagem da IA não conseguiu ser esclarecido com a presente pesquisa: “A IA retira postos de emprego ao Homem?”.

Ficou explícito que existe uma substituição do Homem pela máquina em tarefas rotineiras e que se baseiam em processos repetitivos. Vários artigos consideram que este facto leva o Homem a ocupar novos postos de trabalho, envolvendo o controlo e a gestão. Contudo, outros indicam que não há capacidade intelectual nos profissionais da área para assumir essas funções de gestão.

Na visita de estudo realizada à fábrica da IKEA Industry que originou o interesse pelo tema em análise, foi garantido que a implementação da IA em nada afetou a taxa de emprego, até pelo contrário, resultou num aumento de postos de trabalho, e conferiu aos colaboradores maiores capacidades profissionais e intelectuais.

Para se perceber se realmente a inclusão da IA retira postos de empregos era necessário obter dados mais precisos, contudo tal não está disponível à data, e a literatura disponível

também não é concreta na temática. A avaliar pela evolução da taxa de desemprego em Portugal, recorrendo ao Instituto Nacional de Estatística, observa-se que não parece haver grande relação de causa-efeito, uma vez que entre o início de 2023 e o primeiro trimestre de 2024, a taxa de desemprego pouco oscilou (Instituto Nacional de Estatística, 2024). Para além deste dado, maioria das áreas da indústria apresentam crescimento na taxa de emprego (EURES, 2023). No entanto, é preciso ter em mente que tais resultados podem ser ainda inflacionados pela retoma do pós-pandemia.

Na elaboração do presente trabalho são identificadas algumas limitações. A primeira prende-se com o facto de à data presente ainda não existirem muitos artigos científicos que analisem o impacto real da IA no processo Logístico. Para além disso, na pesquisa realizada não há dados numéricos que comprovem algo relativamente a benefícios/desvantagens do uso da Inteligência Artificial.

Seria ainda interessante, em pesquisas futuras sobre o tema, realizar um inquérito que procurasse medir em que grau a sociedade está preocupada com o impacto da IA, por sugestão poderia ser recolhida uma amostra entre jovens que estão prestes a terminar os seus cursos no Ensino Superior e ingressar no mundo do trabalho. Para além desta sugestão, o Projeto teria sido enriquecido com o estudo realizado in loco. Por exemplo, e obviamente estaria dependente de autorização da empresa, realizar uma análise do antes e depois da implementação da IA na fábrica do IKEA, medindo ganhos e perdas, e descrevendo como a IA interfere com o processo Logístico.

Pode-se finalizar, concluindo que a IA impacta toda a sociedade atual, e a Gestão Logística não é exceção. O presente e o futuro são da IA, e cabe então ao Ser Humano, enquanto ser pensante, saber dominar a tecnologia, e não se limitar a usá-la de forma benevolente e livre de pensamentos. Os ganhos devem ser investidos para novo desenvolver de capacidades, maior formação e enriquecimento intelectual.

Bibliografia

- Anthony, S. D., Cobban, P., Painchaud, N., & Parker, A. (2020). *Eat, Sleep, Innovate: How to Make Creativity an Everyday Habit Inside Your Organization*. Harvard Business Review Press.
- Bento, A. (2012). Como fazer uma Revisão da Literatura: Considerações Teóricas e Práticas. *Revista JA*, 7(65), 42-44.
- Bordot, F. (2022). Artificial Intelligence, Robots and Unemployment: Evidence from OECD Countries. *Journal of Innovation Economics & Management*, 37, 117-138. doi:<https://doi.org/10.3917/jie.037.0117>
- Carvalho, J. C. (2020). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (3 ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Chen, Y., & Hu, S. (2021). Research on the Impact of Artificial Intelligence on the High-quality Development of the Logistics Industry —Based on the Perspective of Total Factor Productivity. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 614. China. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2021.100857>
- CSCMP, Council of Supply Chain Management Professionals. (2013). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. Obtido de https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921
- Devi, A. J., & Manassa, R. (2022). Amazon's Artificial Intelligence in Retail Novelty - Case Study. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*, 6(2). doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.8240361>
- EURES. (9 de agosto de 2023). *Informação sobre o Mercado de trabalho: Portugal*. Obtido de EURES (European Employment Services): https://eures.europa.eu/living-and-working/labour-market-information/labour-market-information-portugal_pt#n%C3%ADvel-nacional
- Frank, M., Ahn, Y.-Y., & Moro, E. (2023). *AI exposure predicts unemployment risk*. ArXiv, abs/2308.02624. . doi:<https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.02624>
- Instituto Nacional de Estatística. (2024). *Taxas de Desemprego*. Obtido de Instituto Nacional de Estatística: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=645506402&DESTAQUESmodo=2
- Kota, L. (2018). Artificial Intelligence in Logistics Applications and Algorithms . *Advanced Logistic Systems*, 12(1), 47-60. doi:<https://doi.org/10.32971/als.2019.004>
- Maity, S. (2022). Review of Artificial Intelligence: A Driver of Unemployment or Navigation towards a Prospective Future? *International Journal of Current Science Research and Review*, 5, 3253-3259. doi:<https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v5-i8-56>

- Resende, B. M., & Menezes, R. P. (2020). *A importância da Inteligência Artificial e da Internet das Coisas na Indústria 4.0*. Centro Universitário FUNVIC, Engenharia, São Paulo.
- Richey, R. G., Chowdhury, S., Davis-Sramek, B., Giannakis, M., & Dwivedi, Y. K. (2023). Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research. *J Bus Logist*, 44, 532–549. doi: <https://doi.org/10.1111/jbl.12364>
- Soumpenioti, V., & Panagopoulos, A. (2023). AI Technology in the Field of Logistics. *18th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation & Personalization (SMAP) 18th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation & Personalization (SMAP 2023)*, (pp. pp. 1-6). Limassol, Cyprus. doi:<https://doi.org/10.1109/SMAP59435.2023.10255203>
- Symms, R. (2024). *Procurement vs. purchasing vs. sourcing differences*. Obtido de responsive: <https://www.responsive.io/blog/procurement-vs-purchasing-vs-sourcing/>
- Villanueva-Eslava, A., Riega-Virú, Y., Nilupu-Moreno, K., & Salas-Riega, J. L. (2023). Artificial intelligence and logistics services: a systematic literature review. *International Conference on Advanced Learning Technologies on Education & Research*. Lima. doi:<https://doi.org/10.1109/ICALTER61411.2023.10372911>
- Wang, S. (2021). Artificial Intelligence Applications in the New Model of Logistics Development Based on Wireless Communication Technology. *Scientific Programming*. doi:<https://doi.org/10.1155/2021/5166993>