Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia XXI SEGeT
GOVERNANÇA, RESPONSABILIDADE SOCIAL E O MEIO AMBIENTE
Desafios para uma Gestão Social, Financeira e Sustentabilidade Empresarial
Realização: UniDomBosco unesp
Patrocínio: INB

A INTEGRAÇÃO ENTRE A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E A CADEIA DE SUPRIMENTOS NO CONTEXTO DA LOGÍSTICA 4.0

Victor Lucio Bernardo dos Santos
victorbernnardo@gmail.com
FAETERJ

Davidson de Almeida Santos
davidson.santos@prof.faeterj-dcx.faetec.rj.gov.br
FAETERJ

José Mauro Baptista Bianchi
jose.bianchi@prof.faeterj-dcx.faetec.rj.gov.br
FAETERJ

Wagner Salles
wagner.salles@prof.faeterj-dcx.faetec.rj.gov.br
FAETERJ

Resumo: Este trabalho tem como objetivo principal realizar uma revisão bibliométrica sobre a integração da Inteligência Artificial (IA) com a logística e cadeia de suprimentos no contexto da logística 4.0, tendo em vista como problema de pesquisa quais os principais fatores críticos para a implantação da IA em uma cadeia de suprimentos e como a IA pode ser aplicada a logística. Para este feito, foi realizada uma pesquisa aplicada. A estratégia utilizada foi a pesquisa quantitativa e qualitativa. O presente trabalho em seu referencial teórico aborda o conceito e evolução da logística e cadeia de suprimentos, as quatro fases da logística em um contexto histórico, bem como a integração da IA com a cadeia de suprimentos com base em uma análise de literatura. A fim de levantar dados, foi realizada uma coleta, armazenamento, leitura e análise detalhada de trabalhos encontrados na base de dados do Google acadêmico. Desta forma, foram selecionados 12 de 206 artigos em português e inglês no período de 2019 a 2023 para análise. Os resultados foram expressos de forma quantitativa, bem como um destaque qualitativo, com foco em leitura, análise, e representação textual.

Palavras Chave: Logística 4.0 - Indústria 4.0 - IA na logística - IA em suprimentos - Bibliometria

1. INTRODUÇÃO

A logística 4.0 adota princípios, procedimentos e tecnologias provenientes da indústria 4.0 com o objetivo de criar cadeias de suprimentos inteligentes. Assim, esse sistema logístico busca satisfazer de forma sustentável as demandas individuais de cada cliente sem aumento de custos, apoiando esse desenvolvimento na indústria e no comércio através de tecnologias digitais (WINKELHAUS; GROSSE, 2020; DHL, 2024).

A implementação da logística 4.0 nas indústrias tem como benefícios, por exemplo, o uso de ferramentas sofisticadas de *Big Data* e análise de dados que permitem que as empresas logísticas possam prever eventuais atrasos e encontrar rotas alternativas de forma instantânea, o que garante que os clientes recebam os seus pedidos sempre no prazo. Além da aplicação de tecnologias como *blockchain* nesse setor, que possibilita a automação de processos, a redução da papelada e a melhora da rastreabilidade (DHL, 2024).

A logística, ao longo da sua evolução histórica foi marcada por quatro fases: a Logística **1.0**, a era em que o transporte de carga foi mecanizado por veículos a vapor, que substituíram a mão de obra humana. A Logística **2.0**, a era do advento da eletricidade e da automatização dos equipamentos logísticos. A Logística **3.0**, a era da invenção dos computadores e do uso de Tecnologia da Informação (TI) e seus sistemas de informação. e a mais recente inovação de quarta geração, conhecida como Logística **4.0**, impulsionada principalmente pelo uso de *Internet of Things and Services* (IoT&S) e *Big data*, com ênfase na economia de trabalho e na padronização da gestão na cadeia de suprimentos (WANG, 2016; RADIVOJEVIĆ; MILOSAVLJEVIĆ, 2019).

A cadeia de suprimentos nas indústrias gera um elevado volume de dados diariamente, e com a complexidade no gerenciamento das cadeias de suprimentos, é necessária uma execução oportuna de cada função do processo. Assim, como a logística 4.0 visa criar cadeias de suprimentos inteligentes por meio de tecnologias provenientes da indústria 4.0, esse elevado volume de dados gerados pela cadeia de suprimentos pode ser explorado por empresas logísticas graças à inteligência artificial (IA) e suas tecnologias que auxiliam a logística 4.0 (WINKELHAUS; GROSSE, 2020; DHL, 2024).

A implementação da IA no setor logístico nunca esteve tão acessível e econômica quanto hoje, a logística baseada em rede naturalmente já permite que a IA seja implementada e expandida, ampliando o acesso humano às cadeias de abastecimento globais complexas. As empresas que não decidem adotar a IA se tornam obsoletas comparadas aos seus concorrentes que já fazem uso eficaz em sua rotina (GESING; PETERSON; MICHELSEN, 2018).

Este artigo apresenta um estudo bibliométrico que tem como tema central a “Logística 4.0”, mais especificamente, a integração da IA com os processos logísticos. A bibliometria estuda os artigos mais relevantes sobre logística e IA, sendo o conceito “Logística 4.0” o qual engloba os dois assuntos, tendo em vista como problema de pesquisa quais os principais fatores críticos nos estudos para a implantação da IA em uma cadeia de suprimentos e como a IA pode ser aplicada a logística.

2. METODOLOGIA

O presente estudo, em sua estratégia de pesquisa, pode ser definido como pesquisa aplicada. Adota uma abordagem tanto quantitativa quanto qualitativa incorporando dados estatísticos e textuais. O instrumento de coleta de dados desenvolvido no estudo é a análise documental.

O artigo foi elaborado com base em uma revisão bibliométrica. A análise bibliométrica é um método popular e rigoroso com a finalidade de explorar e analisar grandes volumes de dados científicos, essa análise dá sentido a muitos dados não estruturados, o que nos permite entender como um campo específico evolui ao longo do tempo e permite descobrir quais áreas estão ganhando destaque (DONTHU, *et al*. 2021).

Considerando o propósito da pesquisa e com o intuito de obter uma coleta abrangente de dados, visando os resultados da pesquisa bibliométrica sobre o tema em questão, foram realizados os seguintes procedimentos: (I) levantamento de artigos na base de dados do Google Acadêmico utilizando as palavras-chave "Logística 4.0" e/ou "Logística" e "Inteligência artificial" (artigos que não apresentavam qualquer uma das palavras-chave foram desconsiderados); (II) organização e análise dos dados em uma planilha; (III) elaboração de gráficos e tabelas com os dados já tratados e estruturados. Conforme exemplificado na figura 1, que descreve as etapas de elaboração da presente pesquisa.

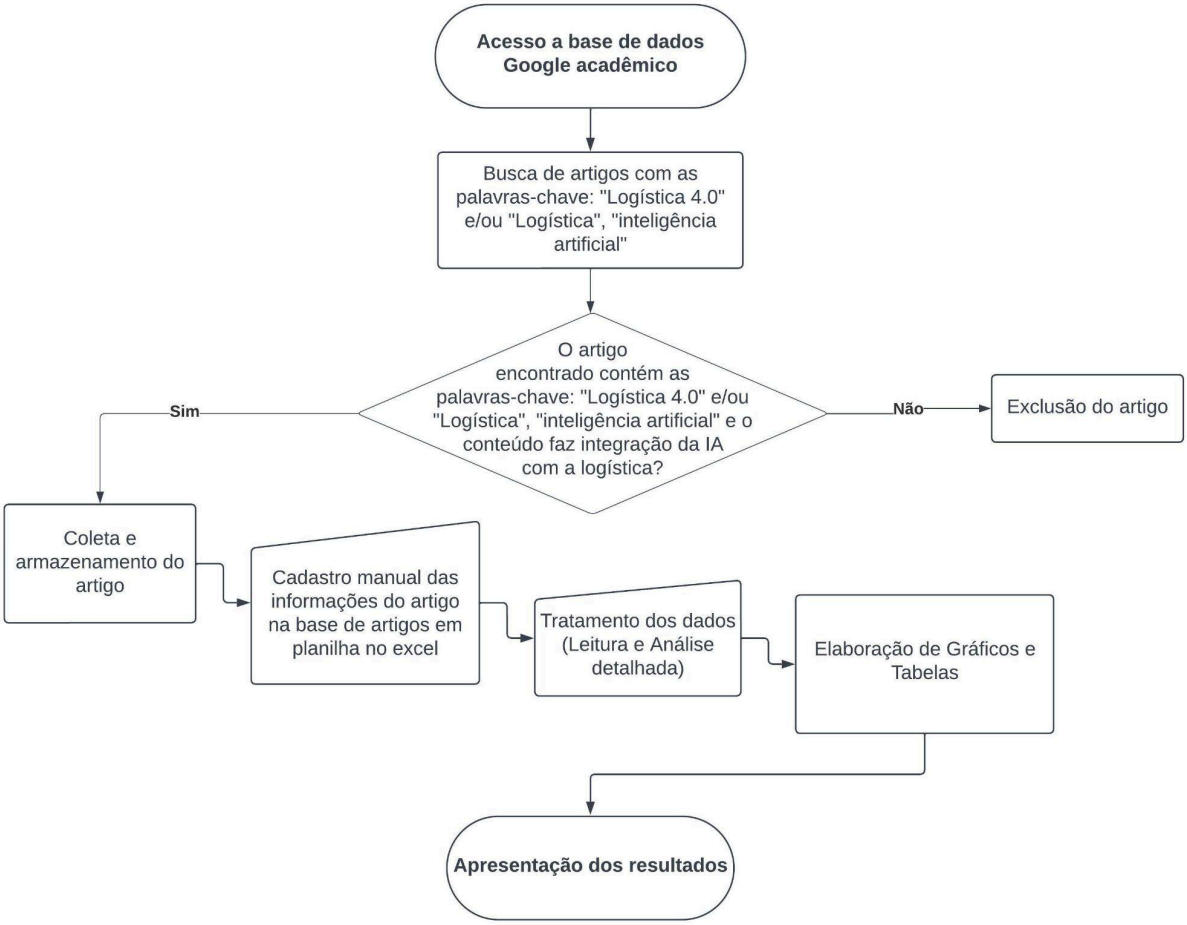

Figura 1. Etapas de elaboração da pesquisa bibliométrica.
Fonte: Elaboração própria

As etapas da pesquisa, exemplificadas na figura 1, iniciaram com o acesso a base de dados do google acadêmico, onde foi realizada uma busca por artigos levando em consideração as palavras-chave “Logística 4.0” e/ou “Logística” e “Inteligência artificial”. Os artigos que não apresentavam em seu conteúdo a integração da IA à logística ou que não apresentavam as palavras-chave solicitadas foram excluídos do processo antes da etapa de coleta e armazenamento. Desta forma, foram considerados somente os artigos que

apresentavam as palavras-chave e/ou que apresentavam informações suficientemente relevantes, de forma extensa e aprofundada em seu conteúdo e que pudessem integrar de alguma maneira a inteligência artificial com a logística.

Após a busca dos artigos, foi executada a coleta e o armazenamento dos artigos e o cadastro manual dos artigos em planilha no excel, ao todo, foram catalogados 12 de 206 artigos para análise em português e inglês no período de 2019 a 2023 considerando 7 categorias de informação: ano de publicação dos artigos; quantidade de autores por artigo; estratégias de pesquisa; natureza da pesquisa; instrumento de coleta de dados; fatores críticos para a implantação da Inteligência Artificial (IA) em uma cadeia de suprimentos; área da logística em que a Inteligência Artificial (IA) pode ser aplicada.

Com a conclusão do cadastro, foram realizadas a leitura, a análise detalhada das informações, visando a integridade e precisão dos dados dos artigos existentes na planilha. Assim, foram elaborados gráficos e tabelas com base nas 7 categorias cadastradas, Essas informações são apresentadas no tópico "Apresentação e análise de resultados" no presente trabalho.

3. OBJETIVOS

Neste tópico serão apresentados os objetivos geral e específicos que descrevem os objetivos que o estudo pretende alcançar, assim como, os passos que serão tomados para atingir os objetivos estabelecidos.

3.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar um estudo bibliométrico sobre a integração da IA com a logística e cadeia de suprimentos com o objetivo de nortear futuras pesquisas em relação à temática abordada no presente trabalho.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaboração de análises referentes à base de artigos coletados, extraindo informações como: ano de publicação dos artigos; quantidade de autores por artigo; estratégias de pesquisa; natureza da pesquisa; instrumento de coleta de dados; fatores críticos para a implantação da Inteligência Artificial (IA) em uma cadeia de suprimentos; área da logística em que a Inteligência Artificial (IA) pode ser aplicada.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONCEITO E EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA E GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A logística envolve a integração de informações, transporte, estoque, armazenamento, manuseio de materiais e embalagem, e são essas as áreas que envolvem o trabalho logístico (BOWERSOX; CLOSS, 2007).

Em um contexto mais amplo, a Logística/Cadeia de suprimentos é definida como um conjunto de atividades funcionais, como por exemplo transporte, controle de estoques, entre outros, repetindo inúmeras vezes ao longo do canal logístico onde as matérias-primas são convertidas em produto final. Caso as fábricas, fontes de matérias-primas ou pontos de venda sejam distantes uns dos outros, o canal é segmentado por uma sequência de etapas de produção com atividade logísticas que se repetem até o produto acabado chegar ao mercado (BALLOU, 2009).

A gestão da cadeia de suprimentos pode ser definida como a gestão de relações com

fornecedores (nas etapas iniciais da cadeias de suprimentos) e com clientes (nas etapas finais da cadeia de suprimentos), com o objetivo de proporcionar valor superior ao cliente com o menor custo em toda a cadeia de suprimentos (CHRISTOPHER, 2022).

A logística é uma área adaptativa que historicamente se modificou com o objetivo de acompanhar mudanças sociais, industriais e tecnológicas. A logística em sua evolução histórica foi marcada por quatro fases, sendo a atual e quarta fase conceituada como "Logística 4.0" que surgiu como consequência da quarta revolução industrial (Indústria 4.0) e dos desenvolvimentos tecnológicos do século XXI, como as novas tecnologias para solução de problemas, e a utilização da Internet em sistemas de negócios (RADIVOJEVIĆ; MILOSAVLJEVIĆ, 2019). Conforme Exemplificado na figura 2, que apresenta a evolução da logística até a fase atual.

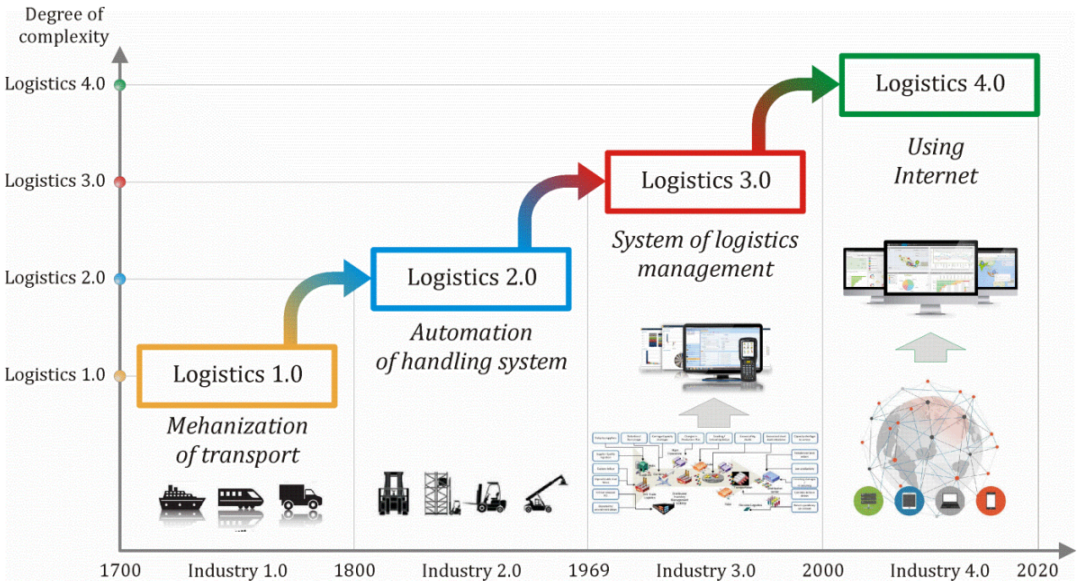

Figura 2. Evolução da logística.
Fonte: WANG, 2016; RADIVOJEVIĆ; MILOSAVLJEVIĆ, 2019.

A cadeia de suprimentos obteve também sua evolução tecnológica de forma que os sensores inseridos em Internet of Things (IoT) ou Internet das Coisas, oferecem possibilidades abundantes para novas análises e formas potenciais de automatização para criar processos mais eficientes e sustentáveis (SULLIVAN; KERN, 2021).

Como por exemplo, um processo de automatização presente atualmente na cadeia de suprimentos, sendo uma das evoluções significativas nos processos logísticos que substituíram a mão de obra humana, são chamados de *Robotic Process Automation* (RPA) ou "Automação Robótica de Processos". Baseiam-se em robôs de software que podem ser integrados em aplicativos de negócios e sistemas de TI existentes, que substituem o trabalho administrativo, diferente da IA, a *RPA* somente é capaz de executar um fluxo de trabalho baseado em regras, com informações estruturadas e não aprende nada além da sua programação inicial. Entretanto, essa tecnologia pode ser configurada em um software de computador com o objetivo de imitar a execução humana de um processo empresarial dentro de um sistema digital. Assim eles são capazes de realizar uma ampla gama de tarefas repetitivas, mais rápidas e eficientes que a mão-de-obra humana, não cometem erros e podem trabalhar 24 horas por dia, 7 dias por semana (GESING; PETERSON; MICHELSEN, 2018; DHL, 2020).

4.1.1 AS QUATRO FASES DA LOGÍSTICA

A primeira fase, a logística 1.0, foi causada pela "mecanização dos transportes", marcada pela inovação de veículos movidos a vapor como navios e locomotivas a partir do final do século XIX e no início do século XX, esses veículos foram utilizados como os principais instrumentos de transporte, ocupando o lugar da força humana e animal (WANG, 2016; RADIVOJEVIĆ; MILOSAVLJEVIĆ, 2019).

A segunda fase, a logística 2.0, ocorreu no período do século XIX até a primeira metade do século XX, foi marcada pela "automatização do sistema de manuseamento" e conduzida pelo advento da eletricidade e da produção em massa das indústrias que contribuíram para a automatização da movimentação de cargas (WANG, 2016; RADIVOJEVIĆ; MILOSAVLJEVIĆ, 2019).

A terceira fase, a logística 3.0, que abrangeu o período de três décadas no final do século XX, conceituada como o "Sistema de gestão logística", foi desencadeada pela invenção dos computadores e pelo desenvolvimento da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e pela sua implementação no meio produtivo. Sistemas como *Warehouse Management System* (WMS) e o *Transport Management System* (TMS) foram aliados para a automatização e eficiência da gestão logística, inventário e expedição, gerando uma melhoria significativa (WANG, 2016; RADIVOJEVIĆ; MILOSAVLJEVIĆ, 2019).

A quarta fase, a logística 4.0, impulsionada pelos serviços relacionados à internet das coisas ou *Internet of Things and Services* (IoT&S), e o *Big Data*, também conceituada como a quarta geração logística. A logística 4.0 está em progresso atualmente, tendo como o objetivo a economia na mão de obra no trabalho e a padronização na gestão da cadeia de suprimentos (WANG, 2016 p. 69).

A Logística 4.0 é o sistema logístico que satisfaz as demandas de cada cliente individualmente de forma sustentável, sem adicional de custo, apoiando sempre o desenvolvimento na indústria e no comércio utilizando tecnologias digitais (WINKELHAUS; GROSSE, 2020). Dessa forma, atender a demanda de cada cliente individualmente requer investimento em inovação de tecnologias digitais, assim, faz-se necessária a integração da IA e suas tecnologias com a cadeia de suprimentos.

4.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E CADEIA DE SUPRIMENTOS

As empresas têm uma vantagem única adotando a IA em quase todas as áreas da cadeia de suprimentos, um dos recursos mais inutilizados nas indústrias são o elevado volume de dados gerados pela cadeia de suprimentos diariamente, sendo esses dados estruturados e não estruturados. A IA permite que as empresas logísticas explorem esses dados. Para este feito, tecnologias como a *IoT*, os Cyber-Physical Systems (CPS) ou "Sistemas *Cyber*-físicos", o *Big data*, a Computação em nuvem, os Sistemas baseados em dispositivos móveis, os Sistemas baseados em redes sociais e outros, são tecnologias que auxiliam a logística 4.0 (WINKELHAUS; GROSSE, 2020).

A *IoT* envolve a interligação de dispositivos físicos, veículos, edifícios e outros itens incorporados com eletrônicos, software, sensores, atuadores e a conectividade de rede que permite que esses objetos coletem e troquem dados (OZTEMEL; GURSEV, 2020).

Um *CPS* envolve a integração de dois subsistemas, O Subsistema baseado em computação, que envolve sensores, infraestrutura de comunicação e elementos computacionais e o Subsistema físico, formado com componentes específicos que tornam possível a aplicação. Como por exemplo, em aplicações de rede elétrica (Subsistema baseado

em computação), é incluso a geração e transmissão de eletricidade (Subsistema físico). Em sistemas de transporte (Subsistema baseado em computação) é incluso o controle do trem de força e do chassi (Subsistema físico) (ANUMBA; ROOFIGARI-ESFAHAN, 2020).

O campo do *Big Data* tem como foco a análise sistemática, armazenamento e visualização de um grande volume de dados. Esses dados, vindos de redes sociais, também são adquiridos de *logs*, transações de comércio eletrônico, entre outros. Entretanto, as tecnologias tradicionais não são capacitadas para lidar com a massividade dos dados. Assim, graças ao *Big Data*, os dados podem ser processados à medida do seu crescimento exponencial (ANUMBA; ROOFIGARI-ESFAHAN, 2020; SEDKAOUI; KHELFAOUI; KADI, 2021).

O termo "*Cloud computing*" (Computação em Nuvem), é vindo do símbolo "*Cloud*" (Nuvem), normalmente usado em fluxogramas e diagramas que representam a internet. A iniciativa é que qualquer computador com uma interface *web* tenha acesso a uma incrível variedade de recursos de computação, energia, aplicativos e arquivos. Então, a computação em nuvem se torna uma mentalidade com recursos compartilháveis que podem ser acessados economicamente de quase qualquer lugar no mundo (MCHANEY, 2021).

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Considerando a busca, coleta, cadastro e tratamento dos dados dos artigos informados na metodologia de pesquisa, neste tópico serão apresentados os resultados da pesquisa bibliométrica elaborados em gráficos e tabelas, bem como a descrição de cada um dos dados informados, a saber: ano de publicação dos artigos; quantidade de autores por artigo estratégias de pesquisa; natureza da pesquisa; instrumento de coleta de dados; fatores críticos para a implantação da Inteligência Artificial (IA) em uma cadeia de suprimentos; área da logística em que a Inteligência Artificial (IA) pode ser aplicada.

5.1 ANO DE PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS

O gráfico 1 representa o ano de publicação dos artigos coletados para esta pesquisa. Para isso, foram contemplados os artigos dos últimos 5 anos.

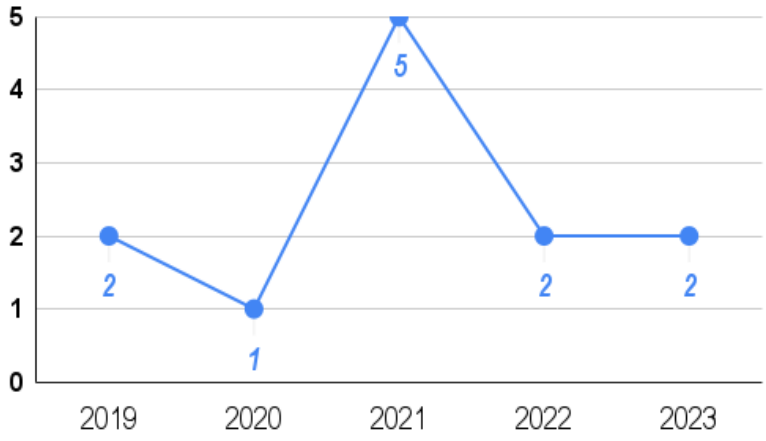

Gráfico 1. Ano de publicação dos artigos.
Fonte: Elaboração própria

Com base no gráfico 1 apresentado anteriormente, foi identificada uma tendência de aumento no ano de 2021 com 5 artigos publicados. Após esse ano, ocorreu uma estabilização

no quantitativo de artigos publicados sobre o tema.

5.2 QUANTIDADE DE AUTORES POR ARTIGO

O gráfico 2 representa a quantidade de autores por artigo, ou seja, o número de autores que foram responsáveis pela execução de um artigo.

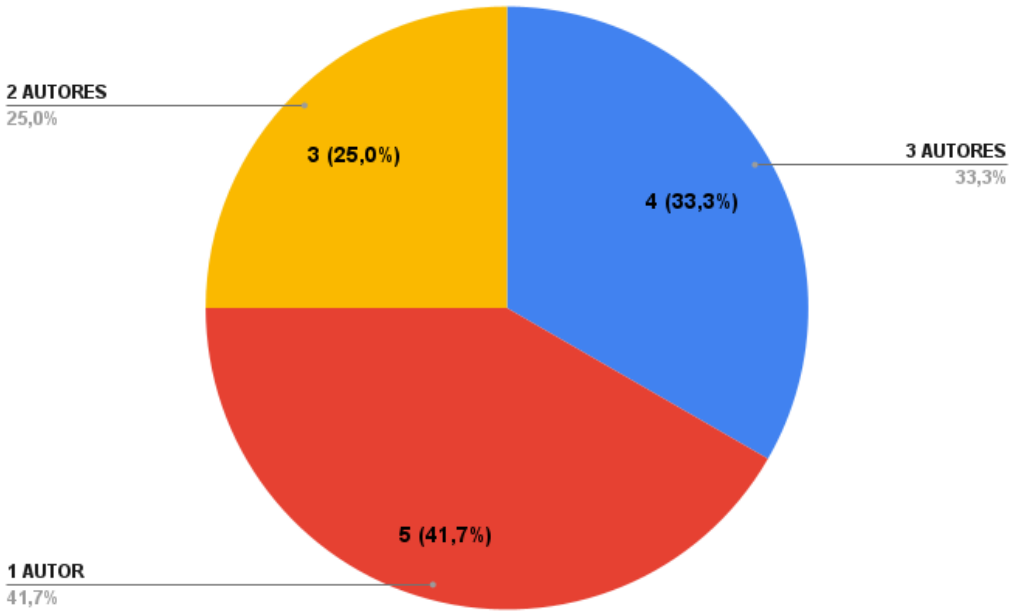

Gráfico 2. Quantidade de autores por artigo.
Fonte: Elaboração própria

Conforme análise do gráfico 2, os artigos escritos por 3 autores equivalem a 4 artigos (33,3%) ; os artigos escritos por 2 autores equivalem a 3 artigos (25,0%); os artigos escritos por 1 autor equivalem a 5 artigos (41,7%) . Conclui-se, que a maioria dos artigos coletados foram escritos por um único autor. Com essa informação, é importante pontuar que há uma diferença de quantidade de artigos desenvolvidos em cooperatividade (com 2 ou mais autores). Desta forma, pode-se inferir a necessidade do desenvolvimento de trabalhos com um quantitativo maior de autores. Este aspecto permitirá o avanço do tema de pesquisa e desdobramento de alguns aspectos relevantes sobre o mesmo.

5.3 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

O gráfico 3 representa as estratégias de pesquisa desenvolvidas em cada artigo com base no conteúdo dos artigos coletados.

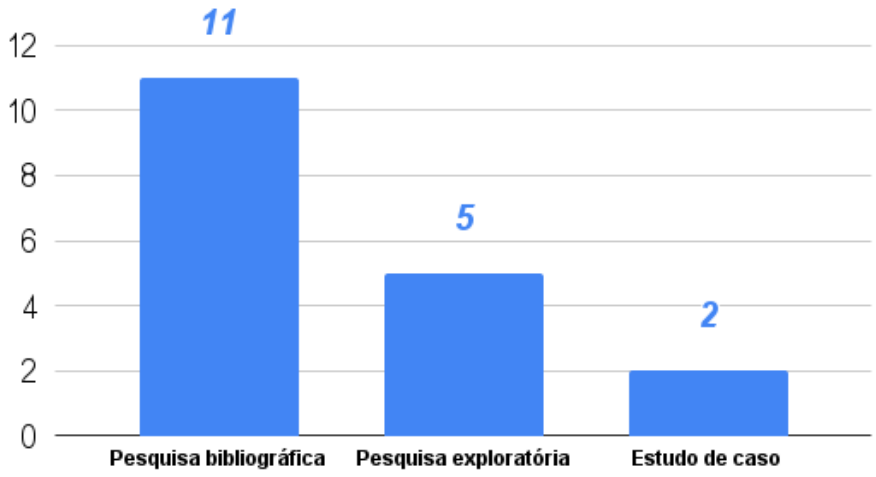

Gráfico 3. Estratégias de pesquisa.
Fonte: Elaboração própria

Conforme análise do gráfico 3, as estratégias de pesquisa desenvolvidas foram: pesquisa bibliográfica; pesquisa exploratória e estudo de caso. Constata-se que a pesquisa bibliográfica (11 artigos), a pesquisa exploratória (5 artigos) e o estudo de caso (2 artigos) foram as estratégias de pesquisa mais utilizadas no desenvolvimento dos artigos coletados.

Considerando que um mesmo artigo pode ter sido desenvolvido com estratégias de pesquisa simultâneas, o gráfico 4 mostra as estratégias de pesquisa que foram utilizadas de forma simultânea ou concomitante.

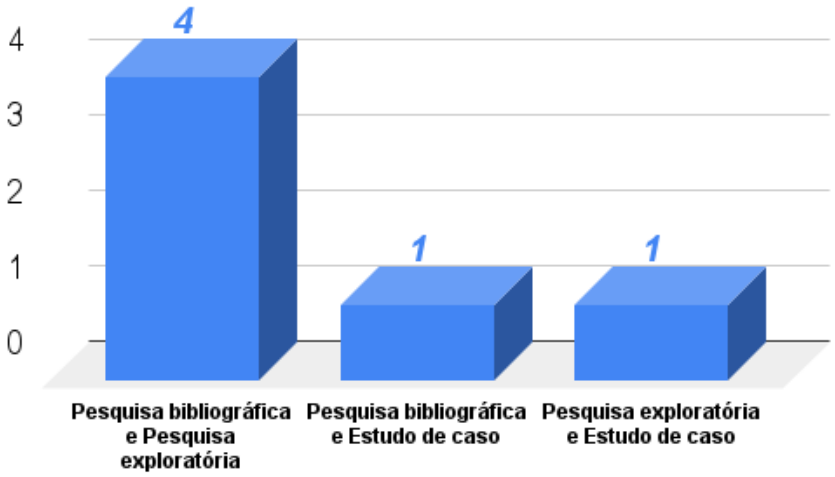

Gráfico 4. Estratégias de pesquisa concomitantes.
Fonte: Elaboração própria

Conforme análise do gráfico 4, as estratégias de pesquisa desenvolvidas de forma concomitante ou simultâneas foram: pesquisa bibliográfica e pesquisa exploratória; pesquisa bibliográfica e estudo de caso; pesquisa exploratória e estudo de caso. Constata-se que a pesquisa bibliográfica e pesquisa exploratória (4 artigos), a pesquisa bibliográfica e estudo de caso (1 artigo) e a pesquisa exploratória e estudo de caso (1 artigo) foram as estratégias de pesquisa concomitantes desenvolvidas nos artigos coletados.

5.4 NATUREZA DA PESQUISA

O gráfico 5 apresenta as naturezas de pesquisa presentes nos artigos coletados, considerando que um mesmo artigo pode ter sido desenvolvido com mais de uma natureza de pesquisa.

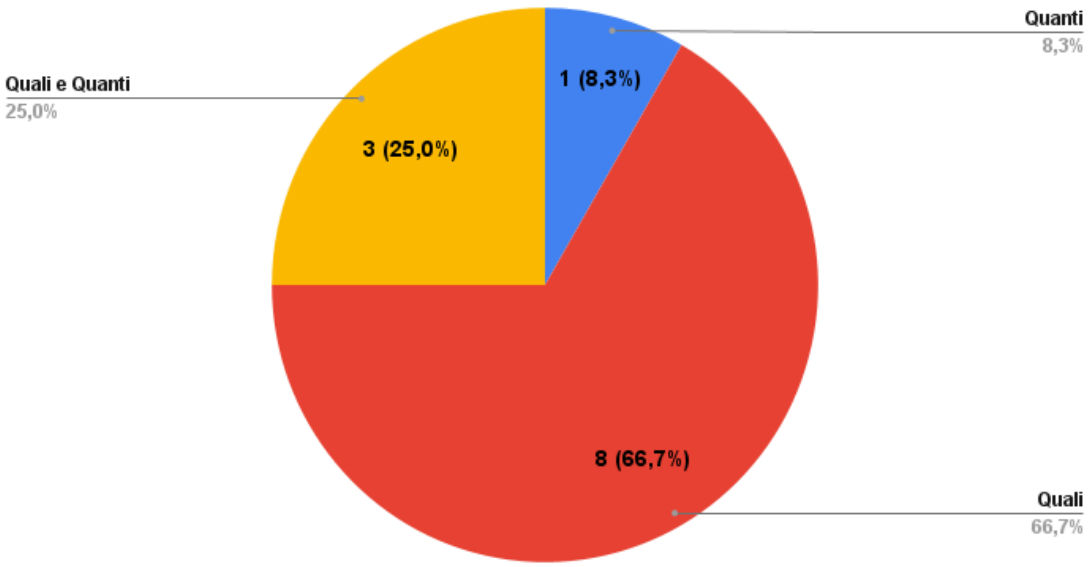

Gráfico 5. Natureza da pesquisa.
Fonte: Elaboração própria

Conforme análise do gráfico 5, as naturezas de pesquisa desenvolvidas são: qualitativa; quantitativa; qualitativa e quantitativa. Constata-se que os artigos coletados em sua maioria são de natureza qualitativa (8 artigos, 66,7%), seguidos por artigos com natureza qualitativa e quantitativa (3 artigos, 25,0%) e por último com natureza quantitativa (1 artigo, 8,3%).

5.5 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

O gráfico 6 representa os instrumentos de coleta de dados identificados no desenvolvimento dos artigos coletados. Considerando que um mesmo artigo pode fazer uso de diversos instrumentos de coleta.

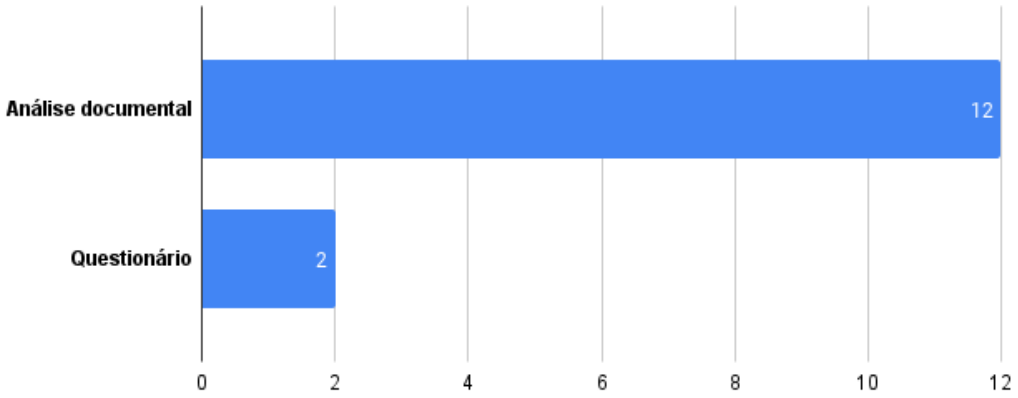

Gráfico 6. Instrumento de coleta de dados.
Fonte: Elaboração própria

Conforme análise do gráfico 6, os instrumentos de coleta de dados identificados são:

análise documental e questionário. Constata-se que o instrumento de coleta de dados mais utilizado foi análise documental (12 artigos), seguido de questionário (2 artigos). Uma característica semelhante entre os artigos desenvolvidos em análise documental é que todos utilizaram como base informações de dados documentais e factíveis. Os artigos que utilizaram de questionário, também utilizaram de análise documental, então, além de apresentar dados baseados em fatos, também desenvolveram um questionário. Por meio do questionário, é possível conhecer informações de um conjunto de indivíduos a respeito de si mesmos ou o meio em que estão inseridos, envolvendo suas opiniões, representações, crenças e informações pontuais (MIRANDA, 2020). Então, é possível analisar que o uso em conjunto desses instrumentos de coleta em uma pesquisa enriquece o conteúdo de maneira factual e argumentativa.

5.6 FATORES CRÍTICOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O quadro 1 apresenta um quadro contendo os principais fatores críticos identificados nos artigos coletados, justificando a implementação IA em uma cadeia de suprimentos.

Quadro 1. Fatores críticos para implantação da IA em uma cadeia de suprimentos.

Nome do artigo	**Fatores críticos para a implantação da IA em uma cadeia de suprimentos**
A EMPREGABILIDADE DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AUTOMAÇÃO DO SETOR LOGÍSTICO PARA CONTROLE DE CARGA	Redução de custos de força de trabalho humana.
	Aumento de produtividade no processo de contagem de rótulos.
AS MUDANÇAS TECNOLÓGICAS DA INDÚSTRIA DA QUARTA GERAÇÃO NO SETOR DE LOGÍSTICA	Eficiência em Transporte interno de mercadorias.
IMPLANTAÇÃO DA LOGÍSTICA 4.0 NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA	Automatização de processos do armazém.
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO DE ESTOQUE FATECLOG	Redução de erros no controle pela implementação de sistemas no planejamento de inventários.
LOGÍSTICA 4.0: DESAFIOS E INOVAÇÕES	Rapidez de entrega devido a automatização dos centros de distribuição.
LOGÍSTICA 4.0 BENEFÍCIOS E DESAFIOS	Otimização de maquinários e frotas por meio da automatização.
LOGÍSTICA 4.0: TECNOLOGIAS APLICADAS NO ARMAZÉM COMO DIFERENCIAL DE PRODUTIVIDADE	Otimização de armazenamento com tecnologias de IA.
	Automatização de processos com tecnologias de IA.
	Diminuição do risco de acidentes pela automatização de processos.
	Aumento de eficiência pela automatização com tecnologias de IA.
Logística 4.0: Exploring Artificial Intelligence Trends in Efficient Supply Chain Management	Otimização de transporte interno com aplicações de IA.
	Automatização de armazenagem com aplicações de IA.

Logística 4.0: Perspectivas da Aplicação de Inteligência Artificial na Logística Interna	Otimização de transporte pela aplicação da IA em interfaces interativas e de identificação nos sistemas de produção.
	Otimização de armazenagem pela aplicação da IA em interfaces interativas e de identificação nos sistemas de produção.
	Otimização de estoque por integração de IA e *IoT* em veículos autônomos e *Radio Frequency Identification* (RFID) ou identificadores de rádio frequência.
A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics	Redução de custos de transporte com sistemas autônomos.
	Rapidez de entrega devido a autonomia dos sistemas de transporte.
Diagnóstico sobre os avanços da segurança do transporte de cargas no Brasil	Segurança no transporte devido a aplicação de tecnologias de IA em tempo real no monitoramento do caminhão e motorista.
Technological solutions in logistics 4.0	Controle de processos de armazenagem com tecnologias de IA.

Fonte: Elaboração própria

Dentre os fatores identificados no quadro 1, foi possível analisar uma maior influência na implantação da IA na cadeia de suprimentos em qualidades como:

- Automatização de processos de armazenagem.
- Redução de custos de mão de obra e transporte.
- Rapidez de entrega no transporte.
- Otimização de armazenagem, transporte e estoque.

5.7 ÁREA DA LOGÍSTICA EM QUE A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) PODE SER APLICADA

O gráfico 7 apresenta a classificação das áreas da logística em que a IA pode, ou há possibilidade de ser colocada em prática com base em informações analisadas dos artigos coletados. Considerando que um mesmo artigo pode ter aplicado a IA em várias áreas.

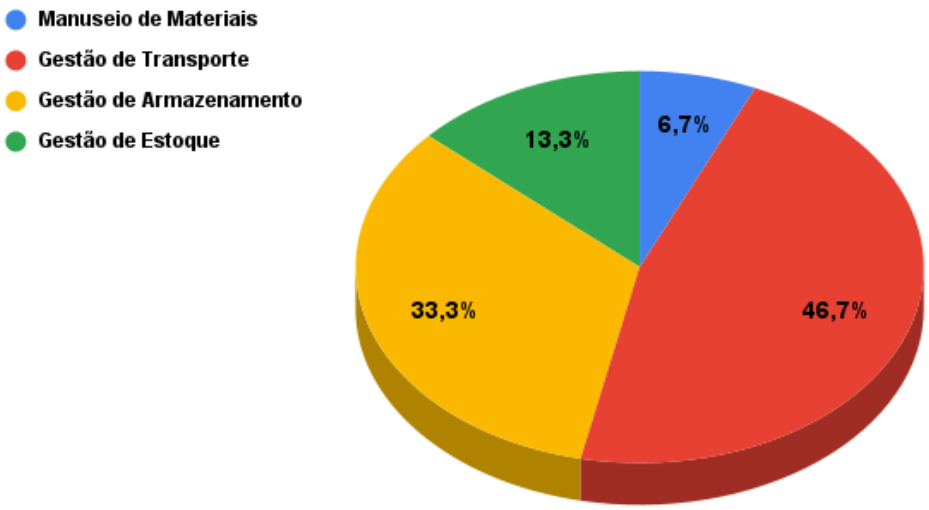

Gráfico 7. Área da logística em que a IA pode ser aplicada.
Fonte: Elaboração própria

Conforme análise do gráfico 7, as áreas da logística em que a IA pode ser aplicada são: Manuseio de Materiais; Gestão de Transporte; Gestão de Armazenamento; Gestão de Estoque. Dentre as áreas logísticas em que a IA foi identificada como maior possibilidade de aplicação são: 1° Gestão de Transporte (46,7%); 2° Gestão de Armazenamento (33,3%); 3° Gestão de Estoque (13,3%); 4° Manuseio de Materiais (6,7%).

Como forma de justificativa de como a IA está inserida na logística, o quadro 2 foi elaborado contendo as áreas da logística e como a IA pode ser aplicada a essas áreas e os seus benefícios, correlacionadas aos artigos coletados.

Quadro 2. Como a IA pode ser aplicada e seus benefícios.

Nome do artigo	Área da logística em que a IA pode ser aplicada	Como a IA pode ser aplicada e seus benefícios
A EMPREGABILIDADE DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AUTOMAÇÃO DO SETOR LOGÍSTICO PARA CONTROLE DE CARGA	Manuseio de Materiais	Uso de inteligência artificial em software treinado por algoritmo para contagem automática de rótulos, evitando erros humanos de contagem e gerando ganho de produtividade.
AS MUDANÇAS TECNOLÓGICAS DA INDÚSTRIA DA QUARTA GERAÇÃO NO SETOR DE LOGÍSTICA	Gestão de Transporte	Veículos autônomos para coleta e transporte dentro dos centros de distribuição, gerando mais eficiência.
IMPLANTAÇÃO DA LOGÍSTICA 4.0 NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA	Gestão de Armazenamento	Automatização de processos do armazém com IA com o objetivo de melhorar o desempenho e o atendimento das demandas de forma autônoma.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO DE ESTOQUE FATECLOG	Gestão de Estoque	Sistemas especialistas que captam padrões para tomada de decisão, definindo níveis de estoque, tempo de reposição, requisição de materiais e compra de insumos que podem ser utilizados no controle e planejamento de inventários e melhorando a eficiência da gestão do inventário devido à redução de erros.
LOGÍSTICA 4.0: DESAFIOS E INOVAÇÕES	Gestão de Transporte	Veículos autônomos com IA, interagindo entre si, utilizados na movimentação de materiais e eliminando movimentação manual, aumentando a velocidade das entregas e menor risco aos produtos.
LOGÍSTICA 4.0 BENEFÍCIOS E DESAFIOS	Gestão de Transporte	Otimização de frotas e equipamentos com a automatização de veículos autônomos com IA de forma a eliminar movimentação manual e gerar melhor tempo de resposta.
LOGÍSTICA 4.0: TECNOLOGIAS APLICADAS NO ARMAZÉM COMO DIFERENCIAL DE PRODUTIVIDADE	Gestão de Armazenamento	IA aliada a sensores inteligentes, prateleiras inteligentes, impressoras *3D* e *IoT* gerando ganhos como: uso total do espaço, menor necessidade de força de trabalho humana, diminuição de risco de acidentes, aumento de eficiência e redução de tempo das operações.
Logística 4.0: Exploring Artificial Intelligence Trends in Efficient Supply Chain Management	Gestão de Transporte	Gerando um grande impacto em coordenação e otimização do transporte interno com aplicações de IA como *Bing, Bart, Gamma, Opencomex, chatbots, macros*, processos de automação, relatórios automáticos, *UiPath, SAP, Chat GPT, RPA, Cloud, Got, Zoho, Magaya, CRM, RFID* em mercadorias, algoritmos de IA para cubagem de peças e muito mais.
	Gestão de Armazenamento	Gerando benefícios como armazenamento automatizado e consultoria personalizada com aplicações de IA como *Bing, Bart, Gamma, Opencomex, chatbots, macros*, processos de automação, relatórios automáticos, *UiPath, SAP, Chat GPT, RPA, Cloud, Got, Zoho, Magaya, CRM, RFID* em mercadorias, algoritmos de IA para cubagem de peças e muito mais.
Logística 4.0: Perspectivas da Aplicação de Inteligência Artificial na Logística Interna	Gestão de Transporte	Aplicação da IA em interfaces interativas e de identificação de imagens nos sistemas de produção, melhorando o fluxo logístico e consequentemente otimizando o transporte.
	Gestão de Armazenamento	Gerando melhoria nos processos de armazenagem com aplicação da IA em interfaces interativas e de identificação de imagens nos sistemas de produção.
	Gestão de Estoque	Integração de IA e *IoT* para a utilização de robôs e veículos autônomos e *RFID* nas prateleiras e nos produtos para transporte e distribuição de mercadorias internamente nos armazéns, facilitando a pesquisa e localização.
A Review of Further Directions for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Smart Logistics	Gestão de Transporte	Sistemas de transporte com algoritmos complexos, inteligentes e autônomos, que se aprimoram constantemente, reduzem custos e aceleram a entrega.

Diagnóstico sobre os avanços da segurança do transporte de cargas no Brasil	Gestão de Transporte	Aplicação de IA na integração de câmeras, rastreadores e padrões do motorista e caminhão para identificação em tempo real de possíveis ocorrências.
Technological solutions in logistics 4.0	Gestão de Armazenamento	Gerenciamento e controle de processos de armazenamento com realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA).

Fonte: Elaboração própria

Dessa forma, foi possível analisar quais são as áreas da logística em que a IA tem mais possibilidade de aplicação de acordo com análise e leitura dos artigos coletados, assim como as formas em que a IA pode ser implementada no setor logístico e as suas respectivas tecnologias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Este trabalho realizou uma análise bibliométrica sobre os principais artigos que envolvem as palavras-chave: "Logística 4.0" e/ou "Logística" "Inteligência artificial (IA)". Ao todo foram selecionados, coletados e analisados 12 de 206 artigos em inglês e português coletados da plataforma "Google acadêmico" no período de 2019 a 2023. O estudo realizou uma pesquisa histórica acerca da logística 4.0, bem como sua evolução ao longo dos séculos e a integração da inteligência artificial (IA) com a logística e a cadeia de suprimentos.

Na etapa de apresentação e análise de resultados realizada por análise bibliométrica nos artigos coletados, alguns campos têm importante destaque nos resultados obtidos. Foi possível identificar uma intensificação na publicação de artigos que envolvem a integração da IA com a logística no ano de 2021 (5 artigos publicados). Constatou-se que a maioria dos artigos coletados foram escritos por um único autor, ou seja, por autoria individual (5 artigos, 41,7%). Das estratégias de pesquisa mais desenvolvidas nos artigos, em sua maioria foram pesquisa bibliográfica (11 artigos). Das naturezas de pesquisa dos artigos coletados, em sua maioria foram de natureza qualitativa (8 artigos, 66,7%). Dos instrumentos de coleta dos artigos coletados, em sua maioria foram análise documental (12 artigos). Das áreas da logística em que a IA pode ser aplicada, de acordo com análise dos artigos coletados, foi identificado, em sua maioria, a possibilidade de aplicação na gestão de transporte (46,7%).

Conclui-se que a IA integrada a logística, ou a cadeia de suprimentos, gera diversos benefícios à gestão das áreas logísticas e ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, apresentados nos resultados da pesquisa bibliométrica. A logística 4.0 é o termo que conceitua essa era tecnológica atual, em constante evolução, a próxima fase da logística, a "Logística 5.0" já se torna visível no campo do saber, tornando-se a próxima expectativa de revolução logística e de uma nova era tecnológica.

O conceito de logística 5.0, baseia-se na combinação de cadeias colaborativas e cadeias dinâmicas ou ágeis. Algumas potenciais tecnologias já se destacam, porém, futuramente terão ainda mais impacto na logística e na cadeia de suprimentos, dentre elas: IA; *Big Data*; *IoT*; Automated Guided Vehicles (AGVs) ou Veículos guiados automaticamente; Drones; Robôs colaborativos (*Cobots*); Realidade virtual aumentada; *Cloud Computing*; *Blockchain*. Essas são as tecnologias que vão trazer mudanças ainda mais significativas na logística e na cadeia de suprimentos. A logística 5.0 como Transformação Digital (TD) trará benefícios e vantagens para as organizações como: Melhoria nas práticas dos trabalhadores (mais habilidades tecnológicas e produtividade); Melhoria na satisfação do cliente (melhor qualidade de experiência do cliente aos serviços logísticos oferecidos); Redução de custos (Otimização de processos que resulta em economia); Agilidade na tomada de decisões

(Agilidade e flexibilidade operacional); Atração e retenção de talentos (um ambiente transformado digitalmente retém e atrai talentos para a organização); Geração de novos negócios (inovação nas práticas operacionais da empresa e estratégia de negócios futura com resultados aproveitáveis que inevitavelmente levam ao desenvolvimento de novos modelos de negócio) (DE OCA, 2021).

Assim, visto o conceito, as potenciais tecnologias que podem impactar ainda mais a logística e a cadeia de suprimentos trazendo mudanças significativas, e os seus benefícios e vantagens para as organizações, a logística 5.0 e suas aplicações tecnológicas são recomendações de estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ANUMBA, Chimay J.; ROOFIGARI-ESFAHAN, Nazila (Ed.). **Cyber-physical systems in the built environment**. Manhattan, NY, USA: Springer, 2020.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos-: Logística Empresarial.**Bookman editora, 2009.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento.** In: Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. 2007. p. 594-594.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos.** Cengage Learning, 2022.

DE OCA, Juan Antonio Marco Montes. Logística 5.0: **Transporta tu logística al mundo digital.** LID Editorial, 2021.

DHL (2020). **Bring on the bots! How automation can break through bottlenecks.** Disponível em:<https://www.dhl.com/global-en/delivered/digitalization/logistics-automation.html> Acesso em 09 de Abril de 2024.

DHL (2024). **smart supply chain: what exactly is logistics 4.0 all about?** Disponível em:<https://www.dhl.com/discover/en-id/logistics-advice/logistics-insights/a-guide-to-industry-4-smart-logistics > Acesso em 28 de Maio de 2024.

DONTHU, Naveen et al. **How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines.** Journal of business research, v. 133, p. 285-296, 2021.

GESING, Ben, PETERSON, Steve J. E MICHELSEN, Dr. Dirk. 2018. **Artificial Intelligence in logistics.** Troisdorf : DHL Customer Solutions & Innovation, 2018.

MCHANEY, Roger. **Cloud Technologies: An Overview of Cloud Computing Technologies for Managers**. 2021.

MIRANDA, Gilberto José. Elaboração e aplicação de questionários. **Trabalho de Conclusão de Curso: uma abordagem leve, divertida e prática.** São Paulo: Saraiva Educação, p. 216-229, 2020.

OZTEMEL, E., GURSEV, S. **Literature review of Industry 4.0 and related technologies**. J Intell Manuf 31, 127–182 (2020). https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8.

RADIVOJEVIĆ, Gordana; MILOSAVLJEVIĆ, Luka. **The concept of logistics 4.0. In: 4th Logistics International Conference.** 2019. p. 23-25.

SEDKAOUI, Soraya; KHELFAOUI, Mounia; KADI, Nadjat (Ed.). **Big data analytics: harnessing data for new business models**. CRC Press, 2021.

SULLIVAN, Mac; KERN, Johannes (Ed.). **The digital transformation of logistics: Demystifying impacts of the Fourth Industrial Revolution.** John Wiley & Sons, 2021.

WANG, K. (2016). **Logistics 4.0 Solution New Challenges and Opportunities, Proceedings of the 6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation** –IWAMA 2016.

WINKELHAUS, Sven; GROSSE, Eric H. **Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system.** International Journal of Production Research, v. 58, n. 1, p. 18-43, 2020.