

Logística inteligente: avanços, desafios e perspectivas futuras

Intelligent logistics: advances, challenges and future perspectives

Evandro Ferigato¹

Resumo: A Logística Inteligente é um campo em crescimento que busca melhorar a eficiência, a precisão e a sustentabilidade das operações logísticas por meio do uso de tecnologias avançadas. Este artigo apresenta uma visão abrangente sobre a Logística Inteligente, explorando as principais tecnologias utilizadas, como Internet das Coisas (IoT), Big Data e Inteligência Artificial (IA), e as aplicações práticas dessas tecnologias na otimização de processos logísticos. Além disso, são discutidos os desafios e as perspectivas futuras da Logística Inteligente, considerando aspectos como sustentabilidade e segurança. O objetivo desta pesquisa é revisar a literatura existente sobre o tema, apresentar uma metodologia de pesquisa adotada, discutir os resultados obtidos e fornecer uma análise aprofundada dos benefícios e desafios da implementação da logística inteligente. Os resultados da revisão da literatura demonstrativos que a logística inteligente apresenta inúmeras vantagens, como a automação de processos, a otimização do transporte e o uso de algoritmos avançados para o planejamento e programação de rotas. Conclui-se que a logística inteligente representa uma abordagem avançada para a gestão logística, adotando a adoção de soluções tecnológicas inovadoras que melhoram a eficiência e a qualidade dos processos.

192

Palavras-chave: Logística Inteligente, Tecnologia da Informação, Internet das Coisas, Big Data, Inteligência Artificial, Otimização, Sustentabilidade

Abstract: Intelligent Logistics is a growing field that seeks to improve the efficiency, accuracy and sustainability of logistics operations through the use of advanced technologies. This article presents a comprehensive view of Intelligent Logistics, exploring the main technologies used, such as the Internet of Things (IoT), Big Data and Artificial Intelligence (AI), and the practical applications of these technologies in optimizing logistics processes. In addition, the challenges and future perspectives of Intelligent Logistics are discussed, considering aspects such as sustainability and safety. The objective of this research is to review the existing literature on the subject, present an adopted research methodology, discuss the results obtained and provide an in-depth analysis of the benefits and challenges of implementing smart logistics. The results

¹ Mestre em Administração Micro e Pequenas Empresas (UNIFACCAMP) Centro Universitário Campo Limpo Paulista (2015 / 2018); Pós-graduado em Gestão de Pessoas (UNIFACCAMP) Centro Universitário Campo limpo Paulista (2014); Pós-graduado em Logística pela (UNIFACCAMP) Centro Universitário Campo Limpo Paulista (2013); Graduado em Logística (UNIFACCAMP) Centro Universitário Campo Limpo Paulista (2012); Graduado em Publicidade e Propaganda Faculdade Luiz Rosa (2000); Coordenador Curso Logística; Gestão Qualidade e Processos Gerências - UNIFACCAMP (Centro Universitário Campo Limpo Paulista)

Recebido em 20/07/2023

Aprovado em: 08/08/2023

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



of the literature review demonstrate that intelligent logistics has numerous advantages, such as process automation, transportation optimization and the use of advanced algorithms for route planning and scheduling. It is concluded that intelligent logistics represents an advanced approach to logistics management, adopting the adoption of innovative technological solutions that improve the efficiency and quality of processes.

Keywords: Intelligent Logistics, Information Technology, Internet of Things, Big Data, Artificial Intelligence, Optimization, Sustainability

1. INTRODUÇÃO

A logística representa um papel fundamental nas operações de uma empresa, envolvendo o planejamento, a execução e o controle do fluxo de produtos, materiais e informações desde o ponto de origem até o ponto de consumo. Em um ambiente de negócios altamente competitivo e globalizado, as empresas enfrentam desafios crescentes para melhorar a eficiência, a visibilidade e a coordenação de suas operações logísticas.

Nesse contexto, a tecnologia da informação (TI) surge como uma ferramenta estratégica que pode sustentar a eficiência e eficácia das operações logísticas. A TI abrange uma ampla gama de soluções tecnológicas, desde sistemas de gestão de estoques até aplicativos móveis de rastreamento e monitoramento em tempo real. Essas tecnologias fornecem às empresas a capacidade de automatizar processos, integrar sistemas e obter insights valiosos por meio de análise de dados.

O objetivo desse artigo caracteriza-se com descritiva, utilizando a abordagem qualitativa, a acerca do tema “Logística Inteligente: Avanços, Desafios e Perspectivas Futuras” e foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica. Utilizou-se livros e artigos científicos já publicados sobre o tema, além de sites e páginas da internet, bem como no *google* acadêmico sobre o tema abordados referentes a tecnologia da informação aplicada a logística, complementando posteriormente para uma pesquisa individual de cada tecnologia pré-selecionados pelos autores em revistas acadêmicas e periódicos em bancos de dados de publicações científicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Christopher (2016), “a tecnologia da informação permite a automação dos processos logísticos, proporcionando maior eficiência e visibilidade nas operações”. Isso inclui

o uso de sistemas de gerenciamento de transporte, rastreamento de mercadorias, sistemas de gerenciamento de armazém e outras soluções orientadas em tecnologia.

Bowersox et al. (2013) afirmam que "a logística é impulsionada pela tecnologia da informação, que permite a integração de informações e a coordenação de fluxos físicos e de informação em toda a cadeia de suprimentos". A tecnologia da informação desempenha um papel fundamental na otimização de processos, no aumento da visibilidade e na colaboração entre os diversos agentes envolvidos na cadeia logística.

Chopra e Meindl (2015) destacam a importância da integração dos sistemas de informação em toda a cadeia de suprimentos para garantir uma coordenação eficiente das atividades logísticas.

2.1 LOGÍSTICA

Para Salgado (2013) muito se fala de logística, pensam que é apenas transporte de mercadorias, pois é uma área muito mais abrangente, é desde a compra de matérias, escolha de fornecedores, produzir, armazenar, distribuir. A logística planeja, implementa e controla o fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e as informações relativas do ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos consumidores finais (BALLOU, 2010).

Dias (2012, p. 5), "a Logística é uma parte da cadeia de abastecimento que planeja programa e controla a eficácia, fluxo de armazenagem dos bens, dos serviços e das informações entre o ponto de origem até o consumo".

Rezende (2007) a logística busca otimizar os fluxos de informações e materiais desde a aquisição até o cliente final, sempre buscando melhoria nos níveis dos serviços com preços mais adequados tanto para os clientes quanto para os fornecedores.

Mello (2018) atualmente a logística tem como foco diminuir o tempo de produção do produto até a entrega final ao cliente, é colocar as mercadorias e serviços no lugar certo, no tempo certo na condição desejada com o menor custo possível. O tempo requerido para um cliente receber um pedido depende do tempo necessário para entregar o pedido.

O termo logístico muito utilizado no meio empresarial, "...tem origem grega e também do francês "*logistique*", ele tem associação com álgebra e lógica matemática, em uma tradução livre significa planejamento e realização de vários projetos" (NOVAES, 2007, p.34).

2.2 O QUE É TECNOLOGIA?

Segundo o Dicionário de filosofia de Nicola Abbagnano (1982), a tecnologia é o estudo dos processos técnicos de um determinado ramo de produção industrial ou de mais ramos". Ou seja, a tecnologia foi aprimorada para o mundo industrial e a necessidade de se desenvolver fez com se expandisse para toda sociedade.

Estabelecer uma conexão entre logística e tecnologias da informação, pode-se ter retornos no desenho logístico. É importante o uso da tecnologia aplicada a logística, pois permite a integração e colaboração entre os setores, aumentando e facilitando a capacidade de alimentação de informações na cadeia logística (HUSCROFT et al, 2013)

A tecnologia faz parte das novas interações entre os indivíduos, mas também pode ser entendida como uma série de elementos criados para a modernização. Hoje sabemos que a tecnologia está em tudo, grande maioria das nossas tarefas e momentos de lazer usamos ela.

Rogers (2003) defini logística e tecnologia da informação como uma aplicação da informática, que é usado para ajudar no planejamento, implementação, controle de procedimentos para o transporte e armazenamento de bens e serviços do ponto de origem ao ponto de consumo.

2.3 TECNOLOGIA NA LOGÍSTICA

Segundo Bovet e Thiagarajan (2000), a logística é a administração, estratégia e controle que envolve o fluxo da matéria-prima até o produto acabado, objetivando o desenvolvimento constante do nível de atendimento, com a finalidade de reduzir os custos, diminuir o volume de estoque e satisfazer as necessidades dos clientes internos.

De acordo com Costa (2014, p. 25), "as tecnologias estão dispostas para o homem desde que ele começou a escrever nas paredes das cavernas. Ao longo dos anos foram se aperfeiçoando em diversos segmentos sociais em vários locais". O conceito de técnica, de tecnologia está muito atrelado à própria constituição humana de sobrevivência da espécie, de atividades que se distinguiram e se voltaram para o trabalho a fim de suprir as necessidades básicas de estar e interagir no mundo. Os artefatos dos primórdios da sociedade em muitos momentos se confundiam com elementos da natureza.

Os sistemas de informações (SI) têm papel fundamental nas organizações, e é através deles que um administrador consegue ter um acesso com facilidade as informações de todos os aspectos de sua organização BALLOU (2006).

Segundo O'Brien (2010), o SI é um conjunto organizado de pessoas, hardware, software, redes de comunicações e recursos de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização.

Oakland (1994) afirma que, para produzir um resultado que atenda aos requisitos do cliente, é necessário definir, monitorar e controlar as entradas do processo que, por sua vez, podem ser fornecidos como saídas de um processo anterior.

2.4 O DESENVOLVIMENTO DA LOGÍSTICA INTELIGENTE

196

A logística inteligente, também conhecida como “logística inteligente” ou “logística 4.0”, vem do conceito de “sistema de logística inteligente” proposto pela IBM. O conceito não possui uma definição unificada, sendo geralmente reconhecido como uma forma mais inteligente e eficiente de planejar, gerenciar e controlar as atividades logísticas com tecnologias inteligentes (ZHANG, 2015; BARRETO et al., 2017). As tecnologias como Internet das Coisas (IoT), análise de big data e IA, aplicadas na logística inteligente, se diferenciam daquelas usadas na logística tradicional com quatro características:

(1) Inteligência: tecnologias inteligentes, como IA, tecnologia de automação e tecnologia da informação e comunicação (TIC), são aplicadas em todo o processo logístico para melhorar o nível de automação das operações logísticas e realizar tomadas de decisão inteligentes sobre problemas comuns de gerenciamento logístico.

(2) Flexibilidade: A logística inteligente tem um maior grau de flexibilidade devido à sua previsão de demanda mais precisa, melhor otimização do estoque e roteamento de transporte mais eficiente. A crescente capacidade de lidar com questões inesperadas de logística inteligente aumenta a satisfação do cliente.

(3) Integração da logística: Com tecnologias como IoT e TIC, o compartilhamento de informações entre os agentes no processo logístico é realizado e os processos de negócios relacionados podem ser gerenciados centralmente, fortalecendo assim a coordenação de diferentes processos logísticos.

(4) Auto-organização: O monitoramento em tempo real e a tomada de decisão inteligente permitem que o sistema logístico funcione sem intervenção humana significativa, o que traz maior eficiência às operações logísticas.

A Internet das Coisas (IoT) é uma das tecnologias fundamentais para a logística inteligente. Segundo Tseng et al. (2019), a IoT permite a conexão e comunicação entre

dispositivos físicos, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real. Isso facilita o monitoramento de ativos, a rastreabilidade de produtos e a tomada de decisões baseadas em informações precisas.

O setor de logística tem se esforçado aplicando a tecnologia de informação inteligente emergente, como *tags* de dispositivos de identificação por radiofrequência (RFID), *blockchain*, análise de *big data*, inteligência artificial (IA) e *drones*, para realizar a automação, visualização, rastreabilidade, e tomada de decisão inteligente do processo logístico (Barreto et al., 2017; Liu et al., 2018).

O Big Data é outra tecnologia essencial na logística inteligente. Conforme ressaltado por Sun et al. (2017), o Big Data refere-se ao grande volume de dados que são gerados e adquiridos nas operações logísticas. A análise desses dados permite a identificação de padrões, tendências e insights valiosos para otimizar processos, como a gestão de estoques, a previsão de demanda e a roteirização eficiente.

A logística inteligente, a tendência inevitável da futura revolução logística, ainda está engatinhando. A tecnologia imatura, o alto nível de custo de implementação, os módulos de função não padronizados e a falta de uma estrutura geral de operação são as principais barreiras para o desenvolvimento da logística inteligente. Esses problemas também chamam a atenção da academia. Estudiosos nas áreas de engenharia, logística, transporte e gerenciamento se concentram principalmente em P&D e aplicação de tecnologias subjacentes, lógica de negócios e estruturas de operação, sistemas de gerenciamento relacionados e problemas específicos de otimização em logística inteligente (CHU et al., 2018; SARKAR et al., 2019; MA et al., 2020). Todos os esforços têm sido feitos para promover o desenvolvimento da logística inteligente e aumentar a eficiência da operação, que satisfaçam ainda mais as necessidades de desenvolvimento comercial e industrial (YANG et al., 2018; FENG et al., 2019).

3.0 PESQUISA SOBRE O IMPACTO DAS TECNOLOGIAS INTELIGENTES NA LOGÍSTICA INTELIGENTE

Quando a inteligência de monitoramento e controle se torna acessível, exercer o esforço dos dados para realizar a otimização e automação da logística em um sistema integrado é a próxima grande preocupação. Assim, o design da estrutura arquitetônica do sistema cibe físico (CPS), que transforma problemas logísticos reais perceptíveis em um sistema virtual digital, é outro ponto focal da literatura de logística inteligente (TRAB et al., 2017). O CPS é um sistema

de logística inteligente baseado em IoT e se concentra em diferentes processos de operação logística, dependendo dos cenários de aplicação. Um dos exemplos típicos de um CPS é o gêmeo digital (DT). O DT fornece a reflexão espelhada de um sistema físico, modelando e simulando o estado do ciclo de vida de um produto com as informações físicas capturadas pela IoT (por exemplo, sensores e RFID) (WEYER et al., 2016; TAO et al., 2019). Com modelos virtuais de alta fidelidade em cima de várias técnicas de inteligência computacional, como o algoritmo de Dijkstra, algoritmo de colônia de formigas e computação em nuvem, uma previsão mais precisa e uma melhor otimização podem ser alcançadas em DT (ALAM e EL Saddik, 2017; SCHLUSE et al., 2018).

A Inteligência Artificial (IA) tem um papel importante na logística inteligente. Segundo Gunasekaran et al. (2018), a IA pode automatizar tarefas repetitivas, melhorar a tomada de decisões e fornecer insights para melhorar a eficiência e a sustentabilidade. Algoritmos avançados de IA podem analisar grandes volumes de dados, identificar padrões e tomar decisões precisas e rápidas, auxiliando na otimização de processos logísticos.

A realização do monitoramento, controle e otimização do processo logístico forneceu os dados necessários e o suporte à decisão para a automação logística. Portanto, o reconhecimento de contexto e a colaboração entre dispositivos e sistemas heterogêneos tornaram-se o centro das atenções da pesquisa em automação logística (BREIVOLD e SANDSTRÖM, 2015). Como a pesquisa de logística inteligente é impulsionada pela demanda prática, a maioria das estruturas de sistema projetadas são baseadas em casos realistas e entraram em serviço (LEVINA et al., 2017; TRAPPEY et al., 2017; LEE et al., 2018).

O Blockchain é uma tecnologia emergente com potencial para transformar a logística. Conforme destacado por Zhang et al. (2020), o Blockchain permite a criação de registros imutáveis e transparentes de transações ao longo da cadeia de suprimentos. Isso promove a confiança e a rastreabilidade, combatendo fraudes e melhorando a segurança das informações.

No entanto, uma maior eficiência da logística inteligente é acompanhada pelo problema de segurança do sistema, que pode ser classificado em problemas de hardware e segurança da informação. Em termos de hardware, dispositivos IoT, *hacking* e segurança de gateways do sistema são considerados no design do sistema, enquanto a segurança da informação refere-se principalmente à segurança do armazenamento, transmissão e acesso de dados (KIM et al., 2018; FU e ZHU, 2019). Nesta linha de pesquisa, o design do mecanismo de autenticação entre diferentes dispositivos de interface e compartilhamento de dados torna-se um tópico de pesquisa emergente para o gerenciamento de operações logísticas.

3.1 PESQUISA SOBRE O PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO EM LOGÍSTICA INTELIGENTE

Katsuma e Yoshida (2018), Wang et al. (2019) e Yao et al. (2019), desenvolveram modelos de otimização conduzidos por tráfego rodoviário em tempo real e condições de veículos conectados. A conexão de veículos também traz problemas complexos de coordenação na resolução de VRPs. Eitzen et al. (2017) e Anderluh et al. (2021) ambos desenvolveram um modelo multi objetivo de dois níveis para VRPs para melhorar a flexibilidade da logística da cidade inteligente. Os dois modelos possuem funções objetivas que consideram as diversas necessidades dos *stakeholders*, como empresas, moradores e governos; este último também leva em consideração a sincronização do veículo. Enquanto isso, surgiu a necessidade de algoritmos de otimização aprimorados de novos modelos. Para aumentar a eficiência do algoritmo em lidar com dados massivos em tempo real e mecanismos logísticos complexos, algoritmos heurísticos e algoritmos de otimização inteligente são comumente introduzidos. Por exemplo, o algoritmo de reconhecimento de múltiplos objetos aprimorado por Chen et al. (2016) integra o algoritmo anti colisão com fenda com os resultados da simulação de colisões de RFID, que lida com os dados dinâmicos de varredura de etiquetas. Lin et al. (2019) estudaram o roteamento de veículos capacitados em IoT, que é um problema de otimização combinatória amplamente examinado em logística inteligente. Eles propuseram um novo algoritmo genérico híbrido com reconhecimento de ordem composto por uma estratégia de inicialização aprimorada e um operador de cruzamento específico do problema.

Segundo Gunasekaran et al. (2018), a IoT operando um papel fundamental na logística inteligente, permitindo a conexão e comunicação entre dispositivos físicos. Isso possibilita o monitoramento em tempo real, a coleta de dados e a automação de processos logísticos.

A IA desempenha um papel crucial na logística inteligente. De acordo com Zhou et al. (2021), a IA pode automatizar tarefas, como roteirização e alocação de recursos, praticar a eficiência e a capacidade de resposta da logística. Além disso, a IA pode realizar análises avançadas para identificar padrões e tendências, confiantes para uma melhor gestão da cadeia de suprimentos.

3.3 AGENDAMENTO BASEADO EM NUVEM NA LOGÍSTICA INTELIGENTE

Kwak et al. (2014) e Hasan e Al-Rizzo (2020) propuseram modelos de agendamento logístico considerando os dados em tempo real das condições dos recursos, informações de contexto e políticas de coordenação das tarefas recebidas. Chen (2020) desenvolveu ainda um sistema de agendamento de dutos logísticos acoplando-se a um banco de dados interativo inteligente, que sincroniza dados em tempo real de todos os equipamentos online conectados e informações ambientais e pessoais.

De acordo com Al-Khamayseh et al. (2020), o agendamento baseado em nuvem permite que as empresas acessem recursos computacionais sob demanda, como capacidade de processamento e armazenamento, por meio da nuvem. Isso oferece flexibilidade e escalabilidade para lidar com as flutuações na demanda logística e melhorar a eficiência operacional.

Para adaptar os modelos à pesada carga de trabalho do processo de dados, abordagens baseadas em nuvem foram propostas recentemente na programação logística. Com tais abordagens, a tarefa de *big data* é executada na nuvem e leva a maior eficiência computacional e menor custo para empresas de logística (RJOURB et al., 2019). Para implementar o agendamento de logística baseado em nuvem, os estudiosos propuseram arquiteturas de rede para integrar a infraestrutura de computação em nuvem no sistema de logística. Por exemplo, Nguyen et al. (2019) projetou uma arquitetura de três camadas com coisas de logística conectadas, borda e nuvem. Tuli et al. (2020) propuseram a arquitetura estocástica de nuvem de ponta com uma rede neural recorrente residual. Além disso, Liu et al. (2015) e Zhu (2018) desenvolveu sistemas de agendamento baseados em nuvem para logística portuária inteligente e entrega logística cooperativa e logística de canteiro de obras, respectivamente. Para algoritmos específicos direcionados a modelos de agendamento baseados em nuvem, algoritmo genético, algoritmo de otimização de enxame e algoritmo de polinização de flores são populares na pesquisa relacionada. Por exemplo, Al-Turjman et al. (2018) e Sun et al. (2019) melhoraram o algoritmo de otimização de enxame para o sistema de agendamento baseado em nuvem para recursos cooperativos e o caminho de distribuição logística para aumentar a eficiência e a tolerância a falhas. Enquanto isso, Xu et al. (2019) desenvolveram um modelo inteligente de programação logística, juntamente com um algoritmo genético híbrido de dois níveis, que se mostrou superior e eficaz em problemas relacionados à programação dinâmica logística. Além disso, Hu (2019) propôs um algoritmo aprimorado de polinização de flores para evitar o defeito de otimização local da otimização tradicional na localização de um centro de distribuição de logística inteligente.

Segundo Almeida, VP, Rabelo, RJ, Varejão, FM, & Ribeiro, LF (2019) destacam que o agendamento baseado em nuvem pode melhorar a coordenação e a comunicação entre os diferentes agentes envolvidos na cadeia de suprimentos. Através do compartilhamento de informações em tempo real e da colaboração entre os participantes, é possível otimizar o agendamento de atividades logísticas, como transporte, armazenamento e distribuição.

No entanto, a implementação do agendamento baseado em nuvem também enfrenta desafios. Conforme ressaltado por Chen et al. (2021), questões de segurança e privacidade são preocupações importantes. É necessário garantir a proteção dos dados e informações sensíveis das empresas ao utilizar os serviços de nuvem. Além disso, a interoperabilidade entre diferentes sistemas e a integração de dados de diferentes fontes são desafios a serem superados para obter uma visão holística e integrada da cadeia de suprimentos.

3.4 PLANEJAMENTO LOGÍSTICO NA LOGÍSTICA INTELIGENTE

Andersson e Jonsson (2018) realizaram um estudo de caso e uma revisão da literatura para explorar a aplicação de dados de processo em uso no planejamento de demanda. Os dados são classificados em cinco categorias correspondentes a oito áreas de aplicação. Além disso, a pesquisa de Kovalský e Mičeta (2017) forneceu suporte metodológico para resolver o problema de planejamento em logística inteligente. Eles identificaram os fatores de capacidade logística necessários e analisaram os méritos e desvantagens das abordagens estática e dinâmica para o planejamento logístico automatizado com dados de rastreamento.

De acordo com Kusiak (2018), a IoT desempenha um papel crucial no planejamento logístico inteligente, permitindo a coleta em tempo real de dados de sensores e dispositivos conectados. Esses dados são utilizados para monitorar e controlar as atividades logísticas, fornecendo informações valiosas para o planejamento e tomada de decisões.

A aplicação técnica dos dados é o próximo foco do planejamento em logística inteligente. Huang S, Guo Y, Zha S, Wang Y (2019) propuseram um método de otimização dinâmica baseada em dados em tempo real para o planejamento da logística de produção com tecnologia IoT, que facilita o monitoramento do processo dinâmico de fabricação e a aquisição de informações em tempo real. Li et al. (2019a) formulou um novo problema de planejamento integrado para um sistema de logística de alimentos inteligente como um modelo de programação linear inteiro misto biobjetivo, que é resolvido por uma nova abordagem heurística iterativa de duas fases baseada em restrições e um modelo de lógica difusa. O método

proposto demonstrou eficácia e eficiência em minimizar o custo total e maximizar a qualidade dos alimentos. Considerando os problemas de segurança no planejamento de colocação de produtos, Trab et al. (2015) propuseram um modelo multi agente com os dados do ambiente monitorado. Com os dados de entrada processados pelos mecanismos de negociação e decisão fornecidos, o planejamento de posicionamento reduz o risco de acidentes perigosos no armazém inteligente, reduzindo o tamanho dos locais flutuantes.

O Big Data também é uma tecnologia essencial no planejamento logístico. Conforme destacado por Wang et al. (2020), o grande volume de dados gerados nas operações logísticas pode ser analisado para identificar padrões e tendências, fornecendo insights valiosos para o planejamento de rotas, previsão de demanda e gestão de estoques.

A IA desempenha um papel crucial no planejamento logístico inteligente. De acordo com Chen et al. (2021), algoritmos de IA podem ser aplicados para otimizar o planejamento de rotas, alocação de recursos e sequenciamento de atividades logísticas. Essas técnicas de IA podem melhorar a eficiência e a capacidade de resposta da logística.

Além disso, a otimização algorítmica é uma abordagem amplamente utilizada no planejamento logístico. Segundo Balcik et al. (2019), algoritmos de otimização podem ser aplicados para resolver problemas de roteirização, programação de cargas, alocação de recursos e sequenciamento de atividades, garantido para o planejamento eficiente das operações logísticas.

3.5 OTIMIZAÇÃO DA REDE NA INTEGRAÇÃO LOGÍSTICA INTELIGENTE

Alcançar a integração logística da cadeia de suprimentos cruzada é o objetivo final da logística inteligente, que também é a base da auto-organização logística (CHEn, 2019). Conectada por tecnologias IoT, a logística torna-se um sistema mais complexo com dispositivos e agentes interativos. Os pesquisadores provaram que um sistema logístico, especialmente um inteligente, deve ser um sistema adaptativo complexo (CAS). No CAS, as unidades internas podem realizar a evolução de um sistema logístico da desordem à ordem por si mesmas sob o controle de certas regras (GALLAY e HONGLER, 2009).

Para identificar essas regras, modelos estilizados são aplicados para explorar os mecanismos internos e as implicações subjacentes do comportamento do sistema com os elementos mais essenciais do sistema (HONGLER et al., 2010). Com este método, Kim et al. (2017) determinaram os mecanismos e contextos de aplicação de duas estratégias diferentes de

contratação de fornecedores em estoque. Hongler et al. (2010) desenvolveram um modelo estilizado solucionável para explorar os padrões de coordenação de agentes autônomos que interagem no transporte. Além disso, o modelo estilizado também pode auxiliar no desenho do arcabouço de uma rede logística, como mostra o arcabouço conceitual da Internet física de Dong e Franklin (2020).

De acordo com Wang et al. (2018), a IoT desempenha um papel fundamental na otimização da rede logística, permitindo o monitoramento em tempo real de ativos, como veículos, estoques e centros de distribuição. Esses dados em tempo real são utilizados para melhorar o planejamento de escalas, a gestão de estoques e a alocação de recursos, tornando-se uma rede logística mais eficiente e responsiva.

Apoiados por esses mecanismos de sistema e padrões de auto-organização, os estudiosos são capazes de implementar a otimização da rede logística. A pesquisa de otimização relacionada integrou os dados extras ou recursos distintos trazidos por tecnologias inteligentes e novos modos de operação. Liu e Wang (2016a; 2016b) focado na otimização da rede de suprimentos com um modelo de otimização de rede de suprimentos de logística multi nível e uma estrutura de modelagem de duas fases. O primeiro combina a demanda potencial dos clientes com as necessidades personalizadas dos clientes previstas com base nos dados de pontuação da página da Web dos clientes usando *clustering*. A otimização da rede logística com base na necessidade individualizada do cliente é verificada como uma solução viável para melhorar a satisfação do cliente e o nível de serviço da rede logística geral (LIU e WANG, 2016a). Este último examina ainda a alocação de pedidos de uma rede de fornecimento de serviços logísticos, que compreende um “estágio de previsão de big data” e um “estágio de otimização do modelo”.

Um modelo de fornecimento de serviço de logística multi nível é estabelecido com base no melhor tempo de entrega e na demanda do cliente prevista por big data sobre localização do cliente e taxas de cliques (LIU e WANG, 2016b). Gan et al. (2018) propuseram um novo modelo de rede logística de distribuição intensiva considerando uma economia compartilhada, onde a preferência logística dos clientes é determinada pela análise do comportamento de compra do cliente com tecnologia de big data. Além disso, um método de valor Shapley de intervalo aprimorado para distribuição de interesse entre os participantes da rede de distribuição leva a uma maior satisfação das partes interessadas e ao desenvolvimento sustentável da aliança.

O Big Data também é uma tecnologia-chave na otimização da rede logística. Conforme ressaltado por Li et al. (2020), uma análise de grandes volumes de dados logísticos pode

fornecer insights valiosos para a identificação de padrões, previsão de demanda e tomada de decisões estratégicas. A utilização de algoritmos de análise de dados pode ajudar na otimização do fluxo de produtos e na redução dos custos logísticos.

A IA desempenha um papel crucial na otimização da rede logística inteligente. De acordo com Cheng et al. (2019), técnicas de IA, como algoritmos de aprendizado de máquina e algoritmos genéticos, podem ser aplicadas para otimizar a roteirização, o sequenciamento de atividades e alocação de recursos na rede logística. Essas técnicas podem melhorar a eficiência operacional e a capacidade de resposta da rede logística.

Além disso, os algoritmos de otimização são amplamente utilizados na otimização da rede logística. Conforme destacado por Lin et al. (2021), algoritmos de otimização, como o algoritmo do caixeiro-viajante e o algoritmo do fluxo máximo, podem ser aplicados para resolver problemas de roteirização, alocação de recursos e planejamento estratégico da rede logística.

A modelagem de sistemas é uma ferramenta importante na otimização da rede logística. Conforme destacado por Laporte e Nickel (2020), a modelagem de sistemas permite representar como confortável e fluxos de informações dentro da rede logística, auxiliando na identificação de gargalos e na otimização de processos.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Gil (1999), as pesquisas descritivas têm como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas aparece na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados.

Para Lakatos e Marconi (2001, p. 183), a pesquisa bibliográfica, “[...] abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, materiais cartográficos, etc. [...] e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto [...]”.

O objetivo desse artigo caracteriza-se com descritiva, utilizando a abordagem qualitativa, a acerca do tema “Logística Inteligente: Avanços, Desafios e Perspectivas Futuras” e foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica. Utilizou-se livros e artigos científicos já publicados sobre o tema, além de sites e páginas da internet, bem como no *google* acadêmico

sobre o tema abordados referentes a tecnologia da informação aplicada a logística, complementando posteriormente para uma pesquisa individual de cada tecnologia pré-selecionados pelos autores em revistas acadêmicas e periódicos em bancos de dados de publicações científicas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados deste artigo demonstram como nos tornamos dependentes da tecnologia, no mundo atual ela se mostra um quesito importante para as pessoas e para as empresas. Atualmente a tecnologia vem sendo um meio de termo agilidade em nossas atividades, de ter alcance as informações e se comunicar com o mundo.

Na logística, a tecnologia vem sendo meio de agilizar e aprimorar os seus processos. Se tornando uma grande ferramenta para desenvolvimento logístico.

Diante dessas considerações, este artigo busca explorar o papel da tecnologia da informação na logística e analisar suas estratégias e benefícios para as operações logísticas das empresas. Por meio de uma revisão teórica, serão identificadas as principais soluções tecnológicas utilizadas na logística, discutindo-se seus impactos na eficiência, na visibilidade e coordenação na das operações. Além disso, serão destacados casos práticos de empresas que obtiveram benefícios filiados à estratégica da TI na logística.

Ao entender melhor o papel da TI na logística, as empresas poderão tomar decisões decisivas sobre as tecnologias a serem adotadas.

A adoção estratégica da tecnologia da informação na logística pode trazer diversos resultados positivos, tais como: Maior eficiência operacional, com redução de custos e tempos de processamento; Melhoria na visibilidade e rastreabilidade das operações logísticas; Aumento da precisão e confiabilidade das informações; Melhor colaboração e coordenação entre os diversos agentes da cadeia de suprimentos.

6. CONCLUSÃO

A logística desempenha um papel fundamental na cadeia de suprimentos, garantindo uma movimentação eficiente de materiais, informações e recursos. Com o avanço da tecnologia da informação, a logística tem se beneficiado cada vez mais das inovações e soluções oferecidas

pela tecnologia. Este artigo buscou explorar a relação entre logística e tecnologia da informação, evidenciando sua importância para a eficiência operacional das organizações.

Através da revisão teórica realizada, assistiu-se que a integração da tecnologia da informação na logística permite uma maior visibilidade e controle dos processos, melhorando a tomada de decisão e a eficiência das operações logísticas. A automação de tarefas, o uso de sistemas de gestão integrados e a aplicação de técnicas de análise de dados ocorreram para a redução de erros, a otimização de rotas e o aumento da eficiência no transporte e no armazenamento.

Autores como Bowersox et al. (2013) e Chopra e Meindl (2016) destacam que a tecnologia da informação tem o potencial de transformar a logística em um diferencial competitivo, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças do mercado e às demandas dos clientes. A utilização de sistemas de rastreamento, por exemplo, possibilita o monitoramento em tempo real das mercadorias, garantindo maior agilidade na entrega e satisfação dos clientes.

Contudo, é importante ressaltar que a implementação eficaz da tecnologia da informação na logística requer uma abordagem estratégica, envolvendo a integração de diferentes sistemas, a capacitação dos colaboradores e supervisionada com os objetivos organizacionais. Autores como Fernie e Sparks (2014) enfatizam que a adoção da tecnologia deve ser concomitante por mudanças na cultura organizacional e nos processos de trabalho, para que os benefícios sejam efetivamente alcançados.

Diante disso, fica evidente a importância da logística e da tecnologia da informação atuarem de forma integrada, em uma abordagem holística que engloba todas as etapas da cadeia de suprimentos. A logística inteligente, apoiada pela tecnologia da informação, possibilita a criação de redes ágeis, eficientes e adaptáveis, capazes de enfrentar os desafios e as demandas do mercado global.

REFERÊNCIAS

ALAM KM, EL SADDIK A (2017). C2PS: **Um modelo de referência de arquitetura digital gêmea para sistemas ciberfísicos baseados em nuvem**. Acesso IEEE, 5: 2050–2062

AL-KHAMAYSEH, S., MEHMOOD, R., & LIU, X. (2020). **Estrutura de agendamento de logística baseada em nuvem usando algoritmos distribuídos**. Acesso IEEE, 8, 181623-181634.

ALMEIDA, VP, RABELO, RJ, VAREJÃO, FM, & RIBEIRO, LF (2019). **Uma estrutura de integração para sistemas de logística baseados em nuvem.** In Proceedings of the 5th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems (ICORES), 299-306.

AL-TURJMAN F, HASAN MZ, AL-RIZZO H (2018). **Agendamento de tarefas em aplicativos de sobrevivência baseados em nuvem usando otimização de enxame em IoT.** Transações sobre Tecnologias Emergentes de Telecomunicações, 30(8): e3539

ANDERLUH A, NOLZ PC, HEMMELMAYR VC, CRAINIC TG (2021). Otimização multiobjetivo de um problema de roteamento de veículos de dois níveis com sincronização de veículos e clientes de “zona cinza” surgindo na logística urbana. **European Journal of Operational Research**, 289(3): 940–958

BALCIK, B., BEAMON, BM, KREJCI, CC, MURAMATSU, KM E RAMIREZ, M. (2019). **Coordenação em logística humanitária: Práticas, desafios e oportunidades.** *Jornal Internacional de Economia da Produção*, 217, 227-237.

BALLOU, R. **Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física.** São Paulo: Atlas, 2010.

BALLOU. R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial.** Editora. São Paulo: Atlas, 2010.

BARRETO L, AMARAL A, PEREIRA T (2017). **Implicações da indústria 4.0 na logística: uma visão geral.** *Procedia Manufacturing*, 13: 1245–1252

BOVET, D. M., & THIAGARAJAN, S. (2000). Logística orientada para o cliente. **HSM Management**, São Paulo, ano 3, n. 18, p. 122-128.

BOWERSOX, DJ e outros. **Gestão Logística: O Processo Integrado da Cadeia de Suprimentos.** 4ª ed. McGraw-Hill, 2013.

BOWERSOX, DJ, CLOSS, DJ E COOPER, MB (2013). **Gestão logística da cadeia de suprimentos.** Educação McGraw-Hill.

BREIVOLD HP, SANDSTRÖM K (2015). **Internet das coisas para automação industrial – desafios e soluções técnicas.** In: Conferência Internacional sobre Data Science e Data Intensive Systems. Sydney: IEEE, 532–539

CHEN QY, LIN YH, QIU RZ (2016). Otimização do algoritmo de reconhecimento multi-objeto baseado em RFID para logística de marcenaria. **Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)**, 45(4): 476–480 (em chinês)

CHEN X (2019). A tendência de desenvolvimento e inovação prática de cidades inteligentes sob a integração de novas tecnologias. **Frontiers of Engineering Management**, 6(4): 485–502

CHEN Y (2020). **Novo pipeline de logística inteligente baseado em agendamento de nuvem e data center interativo inteligente.** In: Conferência Internacional sobre Tecnologias de Computação Inventivas (ICICT). Coimbatore: IEEE, 467–470

CHEN, X., ZHANG, Z., & WU, C. (2021). **Algoritmo de otimização para transporte logístico baseado em inteligência artificial.** Journal of Physics: Conference Series, 1731(1), 012083.

CHEN, Z., HUANG, X., YAN, Y., & GU, D. (2021). **Pesquisa sobre algoritmo de otimização baseado em nuvem para agendamento de cross-docking na logística de e-commerce.** Journal of Advanced Transportation, 2021, 6675018.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação.** 6ª ed. Pearson, 2015.

CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 5ª ed. Pearson, 2016.

CHU Z, FENG B, LAI F (2018). **Inovação de serviços logísticos por provedores terceirizados de logística na China: Alinhando guanxi e estrutura organizacional.** Pesquisa de Transporte Parte E: Revisão de Logística e Transporte, 118: 291–307

COSTA, I. **Novas tecnologias e aprendizagem.** Rio de Janeiro: Wak, 2014.

DIAS, MARCO AURÉLIO P. **Logística, transporte e infraestrutura: armazenagem, operador logístico.** São Paulo: Atlas, 2012.

DONG C, FRANKLIN R (2020). Da Internet digital à Internet física: uma estrutura conceitual com um modelo de rede estilizado. **Journal of Business Logistics**, no prelo.

EITZEN H, LOPEZ-PIRES F, BARAN B, SANDOYA F, CHICAIZA JL (2017). **Um problema de roteamento de veículos multiobjetivo e dois níveis. Uma abordagem de movimentação de mercadorias urbanas para logística de cidade inteligente.** In: XLIII Conferência Latino-Americana de Computação. Córdoba: IEEE, 1–10

FENG B, YE QW, COLLINS BJ (2019). **Um modelo dinâmico de adoção de veículos elétricos: o papel do comércio social no novo transporte.** Informação e Gestão, 56(2): 196–212

FERNIE, J. & SPARKS, L. (2014). **Logística e gestão do varejo: questões emergentes e novos desafios na cadeia de suprimentos do varejo.** Kogan Page Publishers.

FU Y, ZHU J (2019). **Mecanismos de operação para sistema logístico inteligente: Uma perspectiva blockchain.**

GALLAY O, HONGLER MO (2009). **Circulação de agentes autônomos em redes de produção e serviços.** International Journal of Production Economics, 120(2): 378–388

GAN M, YANG S, LID, WANG M, CHEN S, XIE R, LIU J (2018). **Um novo projeto de rede logística de distribuição intensiva e problema de alocação de lucros considerando a economia compartilhada.** *Complexidade*, 4678358

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, P. S. **Administração de materiais.** 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007

GUNASEKARAN, A., SUBRAMANIAN, N., & PAPADOPOULOS, T. (2018). **Tecnologia da informação para vantagem competitiva em logística e cadeias de suprimentos: uma revisão.** *Pesquisa de Transporte Parte E: Revisão de Logística e Transporte*, 119, 84-99.

209

HASAN MZ, AL-RIZZO H (2020). Agendamento de tarefas no ambiente de nuvem da Internet das Coisas usando uma otimização robusta de enxame de partículas. *Simultaneidade e Computação: Prática e Experiência*, 32(2): e5442

HONGLER MO, GALLAY O, HÜLSMANN M, CORDES P, COLMORN R (2010). Controle centralizado versus controle descentralizado - Um modelo estilizado solucionável no transporte. *Physica A: Statal Mechanics & Its Applications*, 389(19): 4162–4171

HU W (2019). Um algoritmo aprimorado de polinização de flores para otimização de centro de distribuição de logística inteligente. *Avanços em Engenharia e Gerenciamento de Produção*, 14(2): 177–188

HUANG S, GUO Y, ZHA S, WANG Y (2019). Um método de otimização de logística de produção baseado em Internet das Coisas para manufatura discreta. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 32(1): 13–26

HUSCROFT, J. R et al. “**Reverse logistics: past research, current management issues, and future directions**”. *International Journal of Logistics Management*, v. 24, n. 3, p. 304-327, 2013.

KATSUMA R, YOSHIDA S (2018). Roteamento dinâmico para veículos de emergência, coletando as condições da estrada em tempo real. *International Journal of Communications, Network & System Sciences*, 11(2): 27–44

KIM SH, COHEN MA, NETESSINE S (2017). **Confiabilidade ou inventário? Uma análise de contratos baseados em desempenho para serviços de suporte ao produto.** In: Ha A, Tang C, eds. *Manual de troca de informações em gerenciamento da cadeia de suprimentos.* Cham: Springer, 65–68

KIM TY, DEKKER R, HEIJ C (2018). **Melhorando a eficiência da mão-de-obra do armazém por viés de previsão intencional.** *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(1): 93–110

KOVALSKÝ M, MIČIETA B (2017). **Apoiar o planejamento e otimização de sistemas logísticos inteligentes.** *Procedia Engineering*, 192: 451–456

KUSIAK, A. (2018). **A fabricação inteligente requer sistemas logísticos inteligentes**. International Journal of Production Research, 56(1-2), 412-421.

KWAK KH, BAE NJ, CHO YY (2014). **Modelo de serviço de logística inteligente baseado em informações de contexto**. In: Park J, Zomaya A, Jeong HY, Obaidat M, eds. Fronteira e Inovação em Computação e Comunicações Futuras. Notas de aula em Engenharia Elétrica, vol. 301. Dordrecht: Springer, 669–676

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1992.

LAPORTE, G., & NICKEL, S. (2020). **Modelagem de localização em logística: Algoritmos e aplicações**. Wiley.

LEE CKM, LV Y, NG KKH, HO W, CHOY KL (2018). **Projeto e aplicação de sistema de gerenciamento de armazéns baseado em Internet das Coisas para logística inteligente**. International Journal of Production Research, 56(8): 2753–2768

LEVINA AI, DUBGORN AS, ILIASHENKO OY (2017). **Internet das Coisas na arquitetura de serviços de sistemas de transporte inteligentes**. In: European Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS). Berna: IEEE, 351–355

LI S, SUN Q, WU W (2019a). **Método de distribuição de benefícios da cadeia de suprimentos de logística inteligente portuária costeira sob computação em nuvem**. Journal of Coastal Research, 93(SI): 1041–1046

LIN N, SHI Y, ZHANG T, WANG X (2019). **Um algoritmo genético híbrido sensível à ordem eficaz para problemas de roteamento de veículos capacitados na Internet das Coisas**. Acesso IEEE, 7: 86102–86114

LIU P, YANG L, GAO Z, HUANG Y, LI S, GAO Y (2018). **Otimização de horários de trem energeticamente eficientes no sistema de metrô com dispositivos de armazenamento de energia**. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 19(12): 3947–3963

LIU T, YUE Q, WU X (2015). **Projeto e implementação de plataforma de serviço público de logística portuária baseada em nuvem**. In: Congresso Internacional de Computação e Comunicações. Chengdu: IEEE, 234–239

LIU YQ, WANG H (2016a). **Otimização da rede logística com base na análise de demanda do cliente**. In: Conferência Chinesa de Controle e Decisão (CCDC). Yinchuan: IEEE, 4547–4552

LIU YQ, WANG H (2016b). **Otimização da rede prestadora de serviços com base no tempo de entrega do usuário sob o background de big data**. In: Conferência Chinesa de Controle e Decisão (CCDC). Yinchuan: IEEE, 4564–4569

MA X, WANG J, BAI Q, WANG S (2020). **Otimização de uma cadeia de frio de três níveis, considerando os esforços de manutenção do frescor sob a regulamentação cap-and-trade na Indústria 4.0.** International Journal of Production Economics, 220: 107457

MELLO, ANDRÉ. **A cabotagem no Brasil e o desequilíbrio entre os modais.** 2018.

NGUYEN J, WU Y, ZHANG J, YU W, LU C (2019). **Agendamento de transporte de dados em tempo real para Internet das Coisas baseada em borda/nuvem.** In: Conferência Internacional sobre Computação, Redes e Comunicações (ICNC). Honolulu, HI: IEEE, 642–646

NOVAES, ANTÔNIO GALVÃO. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: 10.ed.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

O'BRIEN, J.A.; Marakas, G. M. **Administração de Sistemas de Informação.** 15ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

O'BRIEN, J.A. **Sistemas de informação - decisões gerenciais na era da internet.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 17.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da qualidade total–TQM.** São Paulo: Nobel, 1994.

REZENDE, A.C. **Terceirização das Atividades Logísticas.** Editora: Imam, 2007

RJOUB G, BENTAHAR J, WAHAB OA, BATAINEH A (2019). **Programação inteligente profunda: uma abordagem de aprendizado profundo para programação automatizada de big data na nuvem.** In: 7ª Conferência Internacional sobre Internet das Coisas e Nuvem do Futuro. Istambul: IEEE, 189–196

ROGERS, D. S.; DAUGHERTY, P. J.; STANK, T. **“Enhancing service responsiveness: the strategic potential of EDI”.** International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, v. 22, n. 8, p. 15-20, 1992.

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations.** New York: The Free Press, 2003.

SARKAR B, GUCHHAIT R, SARKAR M, CÁRDENAS-BARRÓN LE (2019). **Como uma indústria gerencia o fluxo de caixa ideal dentro de um sistema de produção inteligente com a pegada de carbono e a emissão de carbono sob a estrutura logística?** Jornal Internacional de Economia da Produção, 213: 243–257

SCHLUSE M, PRIGGEMEYER M, ATORF L, ROSSMANN J (2018). **Gêmeos digitais experimentais — Simplificando a engenharia de sistemas baseada em simulação para a Indústria 4.0.** IEEE Transactions on Industrial Informatics, 14(4): 1722–1731

SUN R, LIU M, ZHAO L (2019). **Pesquisa sobre otimização de rotas de distribuição logística com base em PSO e IoT.** Jornal Internacional de Wavelets, Multiresolução e Processamento de Informações, 17(6): 1950051

SUN, H., ZHANG, Y., & HU, Q. (2017). **Análise de big data em logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: certas investigações para pesquisa e aplicações.** *Jornal Internacional de Economia da Produção*, 191, 1-14.

TAO F, ZHANG H, LIU A, NEE AYC (2019). Gêmeo digital na indústria: estado da arte. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4): 2405–2415

TRAB S, BAJIC E, ZOUINKHI A, ABDELKRIM MN, CHEKIR H, LTAIEF RH (2015). Planejamento de alocação de produtos com restrições de compatibilidade de segurança em armazém baseado em IoT. *Procedia Computer Science*, 73: 290–297

TRAB S, BAJIC E, ZOUINKHI A, THOMAS A, ABDELKRIM MN, CHEKIR H, LTAIEF RH (2017). A abordagem de um objeto comunicante para logística inteligente e questões de segurança em armazéns. *Engenharia Simultânea*, 25(1): 53–67

TRAPPEY AJC, TRAPPEY CV, FAN CY, HSU APT, LI XK, LEE IJY (2017). Roteiro de patentes IoT para prestação de serviços logísticos inteligentes no contexto da Indústria 4.0. *Jornal do Instituto Chinês de Engenheiros*, 40(7): 593–602

TSENG, FM, WU, HC E SHYU, JZ (2019). **Uma revisão da internet das coisas para logística inteligente: principais tecnologias e inovações.** *Pesquisa de Transporte Parte E: Revisão de Logística e Transporte*, 127, 148-164.

TULI S, ILAGER S, RAMAMOHANARAO K, BUYYA R (2020). **Agendamento dinâmico para ambientes estocásticos de computação em nuvem usando aprendizado A3C e redes neurais recorrentes residuais.** *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 99: 1–15

WANG D, ZHU J, WEI X, CHENG TCE, YIN Y, WANG Y (2019). **Produção integrada e roteirização de veículos de múltiplas viagens com janelas de tempo e tempos de viagem incertos.** *Computadores e Pesquisa. Operacional*, 103: 1–12

WANG, X., LU, Q., CHEN, S., & DU, X. (2019). **Análise de big data para logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: uma revisão da literatura e uma agenda de pesquisa.** *Jornal Internacional de Economia da Produção*, 212, 36-51.

WANG, X., WANG, Y., LI, C., ZHANG, X., & ZHANG, Y. (2020). **Análise de big data para logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: uma revisão sistemática da literatura e uma agenda de pesquisa.** *International Journal of Production Economics*, 226, 107567.

WEYER S, MEYER T, OHMER M, GORECKY D, ZÜHLKE D (2016). **Modelagem futura e simulação de fábricas baseadas em CPS: um exemplo da indústria automotiva.** *IFAC-PapersOnLine*, 49(31): 97–102

XU W, GUO S, LI X, GUO C, WU R, PENG Z (2019). **Um método de agendamento dinâmico para tarefas logísticas voltadas para oficina de manufatura inteligente.** *Problemas Matemáticos em Engenharia*, 7237459

YANG S, WANG J, SHI L, TAN Y, QIAO F (2018). **Gerenciamento de engenharia para fabricação inteligente de equipamentos de ponta**. *Frontiers of Engineering Management*, 5(4): 420–450

YAO K, YANG B, ZHU XL (2019). **Problema de roteamento de veículos de baixo carbono baseado em condições de tráfego em tempo real**. *Engenharia de Computação e Aplicações*, 55(3): 231–237

ZHANG M, FU Y, ZHAO Z, PRATAP S, HUANG GQ (2019b). **Análise da teoria dos jogos da coordenação horizontal de transportadoras com compartilhamento de receita na logística de comércio eletrônico**. *Jornal Internacional de Pesquisa de Produção*, 57(5): 1524–1551

ZHANG, Y., ZHANG, X., CHEN, Z., & XUE, Y. (2020). Rastreabilidade baseada em blockchain no financiamento da cadeia de suprimentos: uma revisão sistemática da literatura. **Journal of Cleaner Production**, 274, 122851.

ZHOU, L., YANG, L., & HE, Y. (2021). Uma revisão sobre aplicações de inteligência artificial em logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. **Informática de Engenharia Avançada**, 48, 101181.

ZHU D (2018). Método de agendamento de entrega logística cooperativa baseado em IoT e big data e sistema de robô em nuvem. **Future Generation Computer Systems**, 86: 709–715