

IMPACTOS POSITIVOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA LOGÍSTICA 4.0

Carlos Magno Brito Almeida Santos
Universidade Católica do Salvador (UCSAL)
baudimelius@yahoo.com.br

RESUMO

O presente artigo analisa a aplicação da inteligência artificial (IA) no contexto da Logística 4.0, com ênfase nos impactos da transformação digital sobre os centros de distribuição e os canais de distribuição. A pesquisa parte da evolução da Indústria 4.0 e da incorporação de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data, computação em nuvem, blockchain, automação e robótica, destacando o papel da IA na otimização dos processos logísticos. Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica de artigos científicos, livros e outras publicações especializadas. Os resultados evidenciam que a utilização da inteligência artificial contribui significativamente para a otimização de rotas, previsão de demanda, rastreabilidade de produtos, gestão de estoques, automação de processos e redução de custos operacionais, promovendo maior eficiência, produtividade e competitividade organizacional. Contudo, o estudo também identifica desafios relacionados aos elevados investimentos em infraestrutura tecnológica, à integração de sistemas e à necessidade de qualificação profissional para a implementação dessas soluções. Conclui-se que a Logística 4.0 representa um novo paradigma para a gestão da cadeia de suprimentos, no qual a inteligência artificial assume papel estratégico na modernização dos processos logísticos, ampliando a capacidade de adaptação das organizações às exigências de um mercado cada vez mais dinâmico e digital.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial; logística 4.0; centros de distribuição; cadeia de suprimentos; transformação digital.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, fala-se acerca de um novo conceito de gestão, processos produtivos e novas formas de interação e relacionamento chamado Indústria 4.0. Esse novo conceito, que se iniciou na Alemanha, por volta de 2011, durante a Feira de Hannover, tem como escopo trazer automações industriais para as empresas, propondo uma importante mudança de paradigma em relação à forma como as fábricas operam nos dias hodiernos. Consequentemente, o controle dos processos produtivos torna-se descentralizado, dando vez a uma proliferação de

dispositivos inteligentes interligados no decurso de toda a cadeia de produção e da logística. Essa novidade traz consigo uma substantiva tendência tecnológica, onde informações são transmitidas online, visando otimizar a comunicação e interação (machine-to-machine) através da interligação entre a internet e a fábrica, robôs, softwares, sistemas automatizados e processos. Inclusive, este fenômeno deu origem a uma nova nomenclatura: Logística 4.0, que é o uso avançado da Tecnologia da Informação (TI) nos centros de distribuição. Assim,

[...] a chave para a visualização do material in-transit são as nuvens baseadas em GPS e a tecnologia dos identificadores de rádio frequência (RFID) que fornecem identidade, localização e rastreamento. Essas são as “espinhas dorsais” da logística 4.0 e estão relacionadas à cadeia de suprimentos (Shankar et al. 2015, p. 47).

Silveira (2016) aponta que, com o avanço dos modelos tecnológicos, a tendência é que, em um futuro próximo, as organizações se alinhem ao conceito da Indústria 4.0, tornando-se eficientes e autônomas. A logística desempenha uma função importante em diversos setores, permitindo o fluxo eficiente de mercadorias e materiais e, à proporção que a sociedade evoluiu e a tecnologia avançou, a inteligência artificial (IA) tornou-se uma potente ferramenta para agilizar os processos logísticos, trazendo imensos benefícios para as empresas.

A introdução da IA na logística proporciona a redução de custos, melhoria na precisão e a agilidade dos processos, além de escalar e fornecer operações contínuas. Entretanto, embora existam alguns desafios a considerar, o alto custo da implementação da IA pode ser um empecilho para algumas empresas, especialmente no que diz respeito às menores.

Esse artigo tem como objetivo explorar a utilização da inteligência artificial na logística, analisando os benefícios e desafios associados a essa implementação. De forma específica, os objetivos baseiam-se em entender como a IA pode contribuir para a análise preditiva e otimização de rotas. Além disso, serão abordadas possíveis soluções para diminuir os desafios e otimizar os benefícios da IA na logística, visando o aprimoramento dos processos e resultados das empresas do setor.

O presente estudo, portanto, está inserido na área de Tecnologia, tendo como recorte temático a aplicação da inteligência artificial na Logística 4.0, com enfoque

nos canais de distribuição e nos impactos decorrentes da transformação digital dos processos logísticos. A pesquisa busca responder em que medida o uso intensivo da inteligência artificial, no contexto da Logística 4.0, pode gerar impactos positivos nos centros de distribuição. Além disso, procura investigar em que nível a utilização dessa tecnologia pode ampliar a rastreabilidade de ponta a ponta dos produtos, por meio da implantação de sistemas digitais capazes de otimizar o monitoramento, o controle e a gestão das operações logísticas.

Como objetivo geral, procura-se verificar em que medida o uso intensivo da inteligência artificial, presente na Logística 4.0, pode ocasionar impactos positivos na implantação de sistemas digitais nos centros de distribuição. A pesquisa tem como objetivos específicos: 1. identificar os principais processos e operações relacionados à implantação de sistemas digitais nos centros de distribuição; 2. analisar a utilização de recursos de GPS como ferramenta de apoio ao controle da rastreabilidade dos produtos distribuídos; e 3. avaliar, junto a profissionais da área de logística, a efetividade da implantação desses sistemas digitais nos centros de distribuição.

O presente trabalho teve, como metodologia, pesquisas exploratórias em artigos nacionais e internacionais, livros, revistas científicas, etc, sobre o assunto, o que possibilitará apresentar os impactos e oportunidades da Logística 4.0 e, assim, contribuir para os centros de distribuição, empresas e corporações brasileiras do segmento logístico que queiram adotar essa inovação em seu meio fabril e de distribuição.

A escrita de um trabalho com o tema Logística 4.0 justifica-se pela tendência tecnológica recente, que nasce totalmente digital e com capacidade de integrações, facilitando um ambiente industrial avançado. Inclusive, é, também um ponto crucial para uma logística descentralizada e customizada, sendo utilizada nos mais variados segmentos e portes empresariais, ou mesmo facilitando e reduzindo a cadeia logística. Ademais, a criação de ambientes favoráveis à inovação, que, por sua vez, criam espaços para o uso das tecnologias de última geração (Internet das Coisas, Big Data, Cloud Computing, etc), é um potencial elemento estratégico da Indústria 4.0.

2. DIFERENÇAS ENTRE A LOGÍSTICA COMUM E A LOGÍSTICA 4.0

A logística é parte imprescindível de toda e qualquer empresa, possibilitando todo o gerenciamento dos recursos para o gerenciamento das atividades da empresa. Além disso, visa a redução de custos operacionais e processual da organização de armazenamento e transporte.

Da logística comum, pode-se elencar três características importantes, como: visão estratégica, flexibilidade e competitividade, em decorrência da globalização refletir nas perações estratégicas da empresa. Em virtude da abertura e estabilização da economia na década de 90, não só no Brasil, mas, também, globalmente, mudou-se a forma de gerenciar através da produtividade para a competitividade (Sakal, 2005).

Com o advento da 4ª Revolução Industrial, denominado, pelo setor logístico, como Logística 4.0, foram requisitadas maior agilidade no fluxo de troca de informações e maior interação entre pessoas e máquinas, criando, dessa forma, uma rede inteligente que favorece essa interligação.

Observe-se, abaixo, no Quadro 1, a comparação entre a Logística comum e a Logística 4.0:

Quadro 1: comparação entre a Logística comum e a Logística 4.0	
Logística comum	Logística 4.0
Era do imprevisto e dos processos manuais	Inovação
Comando de controle realizados por pessoas	Automatização dos movimentos de cargas
Processo de gerenciamento de estoque manual	Gestão de rede e conectividade
Roteirização m a n u a l	Informação gerenciado por nuvem
Informações em Desktop	Roteirização inteligente
Movimentação manual	Gerenciamento de estoque de forma autônoma
	Gestão com auxílio das máquinas para atuar em tomadas de decisão

Em relação à Logística 4.0, pode-se afirmar, ainda, que o uso de maquinário não induz, automaticamente, a eficiência. Para isso, é imprescindível que haja recursos especializados e treinamento de pessoal. A obtenção de eficiência dinâmica não decorre de forma automática da simples incorporação de máquinas importadas com tecnologias avançadas ou da acumulação de conhecimentos operacionais. Pelo contrário, a construção de uma eficiência dinâmica duradoura está diretamente relacionada à capacidade interna de criar, adaptar e gerenciar transformações tecnológicas aplicadas aos processos produtivos.

Essa competência depende, sobretudo, da existência de recursos especializados, como profissionais qualificados, estruturas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e sistemas de tecnologia industrial básica (TIB), elementos que nem sempre estão incorporados nos equipamentos adquiridos ou no conhecimento técnico transferido. Como os mecanismos de mercado, isoladamente, não asseguram investimentos suficientes nesses ativos estratégicos, torna-se fundamental a atuação de políticas públicas voltadas ao fortalecimento das capacidades tecnológicas, da infraestrutura de inovação e do suporte ao desenvolvimento produtivo. (Tigre, 2002, p. 277).

3. LOGÍSTICA 4.0

De maneira sucinta, a Logística 4.0 nada mais é do que a atualização do processo de logística graças ao uso de modelos tecnológicos mais recentes para auxiliar e melhorar os processos já existentes. Sendo assim, a logística 4.0 tem como propósito otimizar as operações e torná-las mais avançadas. E, para isso, utiliza-se ferramentas como a inteligência artificial (IA), a internet das coisas (IoT), robôs, Big Data e sistemas de automação. Segundo Oliveira e Veras (2022, p. 56), “a Logística Empresarial, enquanto conjunto de técnicas e atividades-meio, dão suporte às operações produtivas das empresas”.

A Logística 4.0 chega, cotidianamente, à indústria, sob as diretrizes que fazem uso da tecnologia para tornar possível a operação “smart”. Ela é definida com critérios para ser específica, mensurável, atribuível, realista e temporária. Essa estratégia serve para ajudar as empresas na consecução dos seus objetivos de forma mais inteligente, criando um sistema produtivo coeso, eficiente,

automatizado e de alta visibilidade.

No que concerne à sua evolução, considera-se que a logística 4.0 surgiu como reflexo da Indústria 4.0, que, por sua vez, almeja oferecer processos mais automatizados e mecanizados. No dia-a-dia da logística, isso se traduz em formas de melhorar os processos habituais, otimizando a cadeia de suprimentos, facilitando a tomada de decisões logísticas no interior da empresa. Alguns elementos são mais habituais do que outros quando se fala em otimizar a logística 4.0. Dentro destes, pode-se citar alguns como por exemplo:

- a) Inteligência artificial: Uma vez que a logística 4.0 está relacionada com o maior uso de tecnologia para otimizar os processos do setor, é claro que a IA não ficaria de fora. Enfim, a IA é aplicada na Logística 4.0 para prever a demanda, otimizar rotas de transporte, realizar manutenção preditiva de equipamentos e automatizar processos de tomada de decisão. A IA pode ser aplicada em diferentes aspectos da logística 4.0. Eis alguns: 1. Melhor roteirização da frota; 2. Segurança no transporte; 3. Resposta a mudanças na cadeia de suprimentos; 4. Atualização de dados em tempo real; 5. Conexão de sistemas para otimização logística; 6. Automação de processos logísticos previamente manuais; 7. Aumento da conectividade; 8. Previsão de demanda.
- b) Internet das coisas (IOT): A Internet das Coisas, também conhecida como IOT (sigla que deriva do seu nome em inglês Internet of Things) diz respeito a uma infraestrutura que atua conectando objetos físicos para que possam se comunicar entre si e com a nuvem por meio da internet. Para isso, estes objetos possuem tecnologias como sensores e softwares, que fazem com que seja possível que realizem tal comunicação.
- c) Big Data: Alguns conjuntos de dados são rápidos, grandes, ou complexos demais para serem geridos e processados de forma tradicional, o que requer um processamento um pouco mais tecnológico. É nesse panorama que surge o Big Data, Macro Dados e Mega Dados.
- d) Sistemas de automação: É uso de tecnologia para automatizar tarefas de TI manuais e repetitivas, como provisionamento, gerenciamento de rede e de backup e recuperação de dados.

- e) Robôs: são um dispositivo, ou grupo de dispositivos, eletromecânicos capazes de realizar trabalhos de maneira autônoma ou programada.
- f) Blockchain: A tecnologia blockchain oferece um registro imutável e transparente de transações, o que pode melhorar a visibilidade e a segurança das operações Logísticas. Ela permite o rastreamento de produtos ao longo da cadeia de suprimentos, verifica a confiança e a procedência dos produtos e simplifica os processos de pagamento e documentos.
- g) Automação e Robótica: A automação desempenha um papel fundamental na Logística 4.0. Robôs e sistemas automatizados são usados em tarefas como picking (seleção de produtos), embalagem, armazenamento e transporte. Isso aumenta a velocidade, a precisão e a eficiência das operações logísticas, consequentemente diminuem os erros humanos e liberam os funcionários para tarefas mais complexas.

Para que seja aplicado a inteligência artificial na logística, é necessário falar sobre a Logística 4.0 e um pouco da sua evolução. O conceito da Logística 4.0 é a automação e o uso da tecnologia dentro de todas as fases que integram a logística, sendo que ela consegue oferecer, aos profissionais dessa área, a possibilidade de automatizar seus processos, assim economizando recursos e, até, ajudando financeiramente. Em suma, a Logística 4.0 aplica os princípios tecnológicos característicos da 4ª Revolução Industrial à estrutura da prestação de serviços logísticos, utilizando os seguintes princípios: operação em tempo real, virtualização, descentralização micros serviços e modularidade que inclui: big data analytics / machine learning e segurança dos dados (Chiqueto, 2017).

Strandhagen (2017) assevera que os avanços recentes na tecnologia de informação e comunicação, combinados com a crescente pressão sobre a indústria de manufatura para digitalizar e automatizar, abriram caminho para várias oportunidades de melhoria logística por meio da Logística 4.0, sendo que ela oferece oportunidades para mudar, significativamente, os modelos de negócios com os quais as empresas operam.

3.1 Logística 4.0 e a Pandemia Coronavírus

A pandemia da COVID-19 provocou uma das mais profundas rupturas nas cadeias globais de suprimentos desde a consolidação da economia mundial integrada. As medidas de contenção da disseminação do vírus, como o fechamento de fronteiras, as restrições à circulação de pessoas e mercadorias, a paralisação temporária de unidades industriais e a redução da capacidade operacional de portos, aeroportos e centros de distribuição, desencadearam uma série de desafios logísticos de grande complexidade. Ademais, as mudanças abruptas nos padrões de consumo, impulsionadas pelo crescimento acelerado do comércio eletrônico, pela corrida por produtos essenciais e pela retração da demanda em diversos segmentos econômicos, evidenciaram a fragilidade de cadeias produtivas excessivamente dependentes de fornecedores concentrados em determinadas regiões do mundo.

Esse cenário expôs limitações importantes dos modelos tradicionais de gestão logística, caracterizados por cadeias de suprimentos pouco flexíveis e fortemente orientadas pela redução de custos. Estratégias como o just-in-time, amplamente adotadas pela indústria nas últimas décadas, mostraram-se vulneráveis diante de interrupções prolongadas na oferta de insumos e matérias-primas. Como consequência, empresas de diferentes setores passaram a reavaliar suas estratégias de abastecimento, buscando maior resiliência operacional, diversificação de fornecedores, regionalização da produção e ampliação da capacidade de resposta frente a eventos disruptivos.

Nesse contexto, a Logística 4.0 consolidou-se como um paradigma definidor para a transformação da gestão das cadeias de suprimentos. Fundamentada na integração de tecnologias digitais, automação inteligente e análise de dados em tempo real, essa abordagem permite ampliar a visibilidade dos fluxos logísticos, otimizar processos operacionais e apoiar decisões estratégicas com maior precisão e rapidez. Tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data, computação em nuvem, blockchain, robótica, veículos autônomos e sistemas ciberfísicos possibilitam o monitoramento contínuo de estoques, o rastreamento de mercadorias, a previsão de demanda e a identificação antecipada de riscos, reduzindo significativamente os impactos

decorrentes de interrupções na cadeia de suprimentos.

Dessa forma, a pandemia acelerou um processo de transformação digital que já se encontrava em curso, convertendo a Logística 4.0 de uma vantagem competitiva em uma necessidade estratégica para organizações inseridas em mercados cada vez mais dinâmicos e sujeitos a incertezas. Além de responder aos desafios impostos pela crise sanitária, a incorporação dessas tecnologias representou uma mudança estrutural na forma como as cadeias de suprimentos são planejadas, gerenciadas e continuamente aperfeiçoadas. Assim, a capacidade de integrar inovação tecnológica, inteligência analítica e gestão colaborativa tornou-se um dos principais fatores para garantir competitividade, sustentabilidade e resiliência organizacional em um ambiente econômico global marcado por frequentes transformações.

3.2 Impacto da Pandemia na Cadeia de Suprimentos

A pandemia da COVID-19 provocou profundas disjunções nas cadeias de suprimentos globais, evidenciando a elevada interdependência entre os diversos agentes que compõem os sistemas produtivos contemporâneos. As medidas de isolamento social, o fechamento temporário de fábricas, as restrições à circulação internacional de mercadorias e pessoas, bem como a redução da capacidade operacional de portos, aeroportos e centros logísticos, ocasionaram interrupções significativas na produção industrial e no abastecimento de insumos. Como consequência, verificou-se a escassez de matérias-primas, componentes eletrônicos e outros materiais estratégicos, além de atrasos recorrentes nas operações de transporte e distribuição. Esses fatores comprometeram a continuidade das atividades produtivas e reduziram a capacidade das organizações de atender, de forma eficiente e tempestiva, às demandas do mercado. Em muitos setores, a indisponibilidade de insumos essenciais resultou na desaceleração ou paralisação das linhas de produção, aumento dos custos operacionais e necessidade de revisão das estratégias de gestão de estoques e relacionamento com fornecedores.

Paralelamente, a crise sanitária provocou transformações expressivas nos padrões de demanda dos consumidores. As mudanças nos hábitos de consumo,

impulsionadas pelo isolamento social, pela adoção massiva do trabalho remoto e pelo crescimento acelerado do comércio eletrônico, alteraram significativamente o comportamento do mercado. Enquanto determinados segmentos, como alimentos, produtos de higiene, equipamentos médicos e dispositivos tecnológicos, registraram um aumento repentino da demanda, outros setores, especialmente aqueles relacionados ao turismo, entretenimento e bens de consumo duráveis, enfrentaram retrações consideráveis. Essa volatilidade exigiu das empresas elevada capacidade de adaptação, flexibilidade operacional e rapidez na tomada de decisões, tornando indispensável o monitoramento contínuo do mercado e a utilização de ferramentas analíticas capazes de prever tendências e ajustar os níveis de produção, armazenamento e distribuição.

A competitividade das organizações passou a depender da eficiência operacional, e da capacidade de construir cadeias de suprimentos resilientes, inteligentes e responsivas. A adoção de tecnologias digitais, sistemas de monitoramento em tempo real, análise de grandes volumes de dados (Big Data), inteligência artificial e plataformas integradas de gestão permitiu ampliar a visibilidade dos processos logísticos, reduzir incertezas e responder de maneira mais ágil às oscilações da oferta e da demanda. A pandemia mostrou que a resiliência da cadeia de suprimentos constitui um fator estratégico para a sustentabilidade dos negócios, reforçando a necessidade de investimentos contínuos em inovação, transformação digital e gestão integrada dos fluxos logísticos.

3.3 Benefícios das Tecnologias Logísticas 4.0

A Logística 4.0 permitiu uma maior capacidade de adaptação e de resposta rápida a mudanças inesperadas, aumentando significativamente a resiliência da cadeia de suprimentos. Além disso, a automação de processos e a análise de dados proporcionaram expressivos ganhos de eficiência, reduzindo custos operacionais, otimizando recursos e elevando os níveis de produtividade.

Entretanto, a implementação das tecnologias associadas à Logística 4.0 também apresentou desafios importantes. Sua adoção exige investimentos em infraestrutura tecnológica, integração entre diferentes sistemas de informação e capacitação contínua das equipes para o uso adequado das novas ferramentas.

Apesar dessas dificuldades, esse cenário também oferece amplas oportunidades de inovação, uma vez que a pandemia evidenciou a necessidade de modernização da cadeia de suprimentos, estimulando a adoção de tecnologias logísticas mais avançadas e eficientes.

Durante a pandemia da Covid-19, diversos países enfrentaram sérios problemas relacionados à gestão logística, especialmente no abastecimento e na organização dos hospitais. Em resposta a essas dificuldades, foram analisados e implementados diferentes métodos voltados para a melhoria do desempenho logístico. Entre eles, destacou-se a Inteligência Artificial (IA), uma tecnologia capaz de se adaptar de forma eficiente aos novos desafios impostos pela Quarta Revolução Industrial. No âmbito da Inteligência Artificial, os sistemas cognitivos e a aprendizagem de máquinas (machine learning) desempenham papel fundamental na transformação da economia e da sociedade contemporânea, contribuindo para o desenvolvimento de soluções inovadoras e mais eficazes para a logística e diversos outros setores (Oleśków-Szłapka, 2019).

4. TERCEIRIZAÇÃO (OUTSOURCING) NA LOGÍSTICA 4.0

A terceirização (outsourcing) na Logística 4.0 é uma tendência que ambiciona transferir para terceiros aos processos logísticos, em razão de não fazerem parte da atividade-fim das empresas, em muitos casos. Isso ocorre em função dessas organizações, hodiernamente, concentrarem os esforços nas suas atividades essenciais (core), delegando a terceiros as atividades complementares (atividade-meio). Por isso, busca-se uma relação de parceria com operadores logísticos terceirizados, permanecendo a empresa concentrada somente em tarefas essencialmente relacionadas ao negócio em que atua. O outsourcing, na Logística 4.0, é, portanto, um processo usado por uma empresa em que operadores logísticos são contratados para desenvolver essa área da empresa.

Entretanto, na escolha do operador logístico que oferecerá os serviços, é necessário analisar as opções do mercado. Existem muitos operadores que descumprem as suas obrigações legais e trabalhistas. Como vantagens do processo de terceirização da Logística, por exemplo, pode-se obter: a redução dos custos logísticos; aproveitamento do conhecimento e da experiência do

operador logístico; aproveitamento de tecnologia da informação (TI); concentração da empresa nas suas competências principais; aumento de qualidade; simplificação dos processos logísticos da empresa. Assim sendo, a eficácia do processo de terceirização logístico concentra-se nas escolhas de parcerias com operadores logísticos que primem pela qualidade, no sentido de oferecer valor agregado aos seus clientes.

5. GESTÃO DE CUSTOS LOGÍSTICOS 4.0

A gestão dos custos é uma das principais tendências para a Logística 4.0, uma vez que esses custos logísticos são os que ficam em segundo plano na empresa, logo após os custos do próprio produto acabado. Existem poucos estudos e discussões sobre os custos logísticos que são os custos de planejar, implantar e controlar todo inventário de entrada (inbound), em processo e de saída (outbound), desde o início (ponto de origem) até o ponto de consumo. Destacam-se nesses custos logísticos 4.0: os custos dos estoques (manutenção de inventário); custos decorrentes de lotes ou de nível de serviço; custos de armazenagem e movimentação; custos de embalagens; custos com processamento de pedidos; custos de processamento de encomendas; custos tributários e os custos de transportes.

Na gestão dos custos da cadeia logística, podem apresentar-se as seguintes sugestões para a sua redução. Nas atividades de compras: redução do ciclo de pedido, dos prazos de entrega, e conseguindo descontos por quantidade adquirida. Nas atividades de transporte: utilização de EDI, código de barras, roteirizadores, unitização das cargas e etiqueta inteligente.

Nas atividades de armazenagem: código de Barras, espaço verticalizado, transportadores horizontais, picking automático, transelevadores e redimensionamento do layout. Nas atividades de estoques: redução de estoques, supressão de materiais obsoletos, padronização das matérias-primas, aplicação do Just in Time (JIT). Nas demais atividades logísticas: utilização de ERP, simuladores, roteirizadores, treinamento gerencial e operacional, TMS, reengenharia dos produtos, matérias-primas, processos de produção e das embalagens, agilidade no processamento dos pedidos e do faturamento,

padronização e mix ideal dos produtos, preços mínimos para produtos especiais. Todo o gerenciamento complexo da rede logística, por intermédio de uma produção inteligente e dinâmica, tornou-se realidade graças aos pilares da indústria 4.0. O processo logístico, o gerenciamento e a produção, que se introduz na inovação é resultado do contínuo desenvolvimento que se apresenta em estudos contínuos, a fim de entregar maiores resultados a toda cadeia interligada (GONÇALVES, 2016).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema Logística 4.0 é um termo atual e inovador, visto que as primeiras publicações sobre o assunto só surgiram em 2017, o que é evidenciado pelo baixo número de referências bibliográficas nas principais bases de pesquisa científica. A Logística 4.0 pode ser encarada como um desenvolvimento das características da gestão da qualidade no ambiente da "Indústria 4.0".

Diante dos resultados obtidos através de uma pesquisa bibliográfica acerca do tema, pode-se concluir que a Logística 4.0 veio ao mercado como uma integração das ferramentas da Indústria 4.0. As ferramentas da indústria 4.0 desenvolvidas para a melhoria de diversas áreas como manufatura, comunicação, logística, entre outras, serão também integradas à gestão da qualidade total e a melhoria contínua. E o banco de dados aparece como a essência da Quarta Revolução industrial, contudo, caso não haja técnicas de análises adequadas e profissionais qualificados no processamento da quantidade de informações, o fluxo cada vez maior de informações tem pouco valor. Dito de outra forma, urge que os colaboradores recebam treinamento adequado para que consigam interpretar os dados.

Nesse contexto, a rastreabilidade de produtos ou serviços, permitido pela integração horizontal, possibilita a otimização de seu fluxo, a correlação de qualquer erro com sua causa raiz, ampliando, dessa forma, a melhoria contínua da gestão de diagnósticos de falhas que venham a surgir.

Considerando-se os avanços nas áreas de automação, digitalização, virtualização e customização em massa, esse novo paradigma mostra a evolução da

Tecnologia da Informação (TI) aliada à Logística 4.0. Sendo assim, a importância da pesquisa foi identificar a evolução e os benefícios da gestão da TI aplicada à Indústria 4.0.

A inteligência artificial continua a ser de grande valor para os processos logísticos, melhorando a eficiência, reduzindo custos, melhorando a qualidade do serviço e a capacidade de adaptação às novas exigências do mercado. A utilização eficaz da inteligência artificial exige investimento maciço em tecnologia, formação de funcionários e integração inteligente com sistemas existentes.

A inovação tecnológica promove melhorias significativas nos processos e serviços relacionados à cadeia de suprimentos. Essas contribuições tiveram um impacto positivo tanto na academia como no setor de TI, mudando a forma como o setor logístico opera, adaptando-se às necessidades atuais do mercado. Ademais, considerando o impacto potencial de tecnologias emergentes, como aprendizado de máquina, IOT e robótica, no desenvolvimento da Indústria 4.0, ampliam-se as possibilidades de futuras aplicações, altamente tecnológicas, de inteligência artificial à logística.

O ambiente brasileiro impõe dificuldades ao crescimento das empresas. Principalmente na Logística, traçou-se, portanto, um cenário acerca das novas tendências na Logística 4.0, que, por sua vez, possuem papéis altamente importantes para a renovação do conhecimento, impulsionando a renovação das organizações e, conseqüentemente, da sua produtividade e de seus lucros.

Destacaram-se, desse modo, alguns processos que estão sempre direcionados para melhorar e modernizar a gestão, eliminando gargalos e desperdícios, diminuindo o tempo (lead time) e reduzir os custos, sem comprometimento da qualidade. Isso é o que acontece com a Logística 4.0, que visa otimizar a operação e os processos logísticos dentro da estratégia organizacional.

Conclui-se, então, que a principal ênfase da Logística 4.0 é atualizar toda a operação desde o planejamento estratégico até os estoques, mediante o emprego de tecnologias que otimizam o fluxo de suprimento de matérias-primas, produtos semiacabados e acabados, com a finalidade de ir ao encontro das necessidades do cliente.

REFERÊNCIAS

CHIQUETO, Gilson. **TMS aplicado à Logística 4.0.** (2017). Disponível em: <http://www.transpobrasil.com.br/2017/09/12/tms-aplicado-a-logistica-4-0/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

GONÇALVES, Murilo Porto. **Proposta de implementação da Indústria 4.0 na área da logística.** 2016. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016. Cap. 4. Disponível em: www.repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228249/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 16 fev. 2022.

OLEŚKÓW-SZŁAPKA, J.; WOJCIECHOWSKI, H., DOMAŃSKI, R.; PAWŁOWSKI, G. (2019) **Logistics 4.0 Maturity Levels Assessed Based on GDM (Grey Decision Model) and Artificial Intelligence in Logistics 4.0: trends and Future Perspective.** *Procedia Manufacturing*, 39, 1734-1742. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.266>. Acesso em: 14 fev. 2022.

OLIVEIRA, Fabiana Lucena. VERAS, Richards Cristian Trindade. Ensaio teórico sobre a competitividade logística de dois modelos de Aglomeração industrial: Zona Franca de Manaus no Brasil e Zona Franca de Ciudad Del Este no Paraguai. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 1646-1660, out./dez., 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/53315/39639>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SAKAI, Jurandir. **A importância da logística para a competitividade das empresas: estudo de caso na indústria do Polo de Camaçari/2005.** Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/8975>. Acesso em: 24 fev. 2022.

SHANKAR, U. et al. **How the internet of things impacts supply chain. Inbound logistics.** 2015. Disponível em: <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/how-the-internet-of-thingsimpacts-supply-chains>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci; LOPES, Guilherme Cano. **O que é Indústria 4.0 e como ela vai Impactar o mundo.** 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria4-0>. Acesso em: 16 jan. 2022.

STRANDHAGEN, Jan Ola et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances inManufacturing**, v. 5, n. 4, p. 359-369, 2017.

TIGRE, Paulo B. **O papel da Política Tecnológica na Promoção das Exportações.** Rio de Janeiro: BNDES, 2002.