

Tecnologias Emergentes na Logística Reversa: Aperfeiçoamento de Processos com Sistemas Inteligentes e Rastreabilidade Digital

DENIS APOLINARIO HUGO

FATEC EM ARARAS

denisapolinario01@bol.com.br

LETÍCIA FRANCIELE DOS SANTOS

FATEC EM ARARAS

Leticiafrc1999@gmail.com

VAGNO LUZ SANTOS

FATEC EM ARARAS

vagno.santos94@gmail.com

ADALBERTO ZORZO

FATEC EM ARARAS

adalbertozorzo@yahoo.com.br

Resumo:

Neste trabalho foi analisado o papel da roteirização inteligente como diferencial estratégico na logística do comércio eletrônico. Apoiano-se em uma revisão de literatura, o estudo analisa recursos como inteligência artificial, análise de big data e IoT estão redesenhando a dinâmica das entregas urbanas. A discussão se concentra em três eixos principais: a redução de falhas ainda na expedição, a criação de trajetos mais eficientes e a identificação dos motivos por trás das devoluções de mercadorias. Os achados indicam que o uso dessas ferramentas vai além do corte de custos e da diminuição dos prazos de envio, refletindo diretamente na experiência do consumidor. Por fim, destaca-se que dominar a inteligência de rotas tornou-se essencial para quem precisa equilibrar agilidade operacional, precisão e exigências de sustentabilidade no varejo online.

Palavras-Chave: Roteirização inteligente; Logística 4.0; Comércio eletrônico; Otimização de rotas; Gestão de frotas; Última milha.

INTRODUÇÃO

O avanço digital transformou profundamente a gestão logística nos últimos anos. No e-commerce, essa mudança é nítida porque o setor não para de crescer. A logística deixou de ser aquela velha atividade operacional e virou peça estratégica dentro de qualquer empresa que queira se manter forte no mercado atual.

Nessa realidade, o uso da roteirização inteligente faz toda a diferença. Ela serve para organizar os trajetos de entrega de forma prática, elevando a produtividade e enxugando os custos da operação. O apoio de ferramentas como inteligência artificial, big data e sistemas integrados mudou o cenário. O planejamento que antes era manual e dependia muito do feeling de quem fazia, agora entrega resultados exatos.

Atualmente, traçar uma rota envolve monitorar variáveis complexas ao mesmo tempo. Dá para cruzar dados de trânsito em tempo real, distância entre os clientes, prazos de entrega e a capacidade de carga dos veículos. Essa modernização conversa direto com

a Logística 4.0, que defende justamente o uso da tecnologia para trazer rapidez e precisão para o chão de fábrica e para as ruas (Silva; Kawakame, 2019).

Por outro lado, segundo Bezerra et al. (2025), o dia a dia das empresas mostra que ainda existem muitas barreiras. Erros nos pacotes, retrabalho constante, clientes devolvendo mercadorias e caminhões rodando sem necessidade continuam acontecendo. Isso prova que ter acesso à tecnologia não resolve tudo sozinho. O nó da questão está em saber aplicar essas inovações na prática diária. Esses problemas acabam atrapalhando diretamente os custos operacionais e a eficiência do processo logístico. Estudos vem mostrando que aplicar soluções inteligentes reduz falhas operacionais e melhora o desempenho das entregas, sendo possível ter um maior controle e assertividade nas operações.

A incorporação de ferramentas da Indústria 4.0, como por exemplo a Internet das Coisas (IoT) e os dispositivos de monitoramento em tempo real, possibilita as empresas uma clareza operacional sem precedentes, direcionando o caminho para escolhas estratégicas bem mais seguras. Conforme apontam Alencar Junior e Alencar (2025), o grande trunfo dessas tecnologias é antecipar gargalos e falhas operacionais antes que elas de fato aconteçam, o que enxuga os processos e estanca os desperdícios na cadeia logística. É justamente nessa intersecção entre inovação tecnológica e roteirização inteligente que reside o motor para o aprimoramento constante das rotinas de distribuição.

Diante desse cenário, observa-se o seguinte problema de pesquisa: de que maneira a adoção da roteirização inteligente consegue mitigar os erros nos processos de entrega e eliminar trajetos desnecessários? A partir desse questionamento, o estudo se propõe a destrinchar como o suporte tecnológico atua diretamente na otimização da engrenagem logística voltada ao comércio eletrônico.

Deste modo, o objetivo geral é aplicar a roteirização inteligente, para ajustar rotas e otimizar o tempo de deslocamento, reduzindo custos e aumentando a eficiência. Os objetivos específicos é identificar erros antes do envio, desenvolver rotas para evitar deslocamento desnecessário e entender o porquê das devoluções. O e-commerce vem sofrendo com erros nos envios, rotas desnecessárias e devoluções.

A hipótese é que a roteirização inteligente possa ser o sucesso das entregas no e-commerce. A justificativa de pesquisa é a roteirização inteligente que utiliza tecnologia e dados para otimizar operações, ser mais eficiente, reduzir os custos e impactos ambientais e melhorar a qualidade de entrega.

METODOLOGIA

O caminho metodológico escolhido para este trabalho foi a revisão de literatura. Snyder (2019) descreve essa abordagem como um esforço científico voltado a sintetizar, analisar e interpretar o que já foi produzido academicamente sobre um determinado tema. Na prática, ela serve para mapear o estado atual de uma área e identificar onde ainda existem lacunas teóricas relevantes. A opção por esse modelo se justifica pela possibilidade de cruzar diferentes perspectivas sobre roteirização inteligente e logística 4.0 a partir de bases já consolidadas, sem que fosse necessário partir para a coleta de dados primários em campo.

A abordagem tem natureza qualitativa. Minayo (2016) explica que esse tipo de pesquisa mergulha nos significados, motivações, crenças e valores — dimensões que não se encaixam em variáveis numéricas. Essa lógica faz sentido aqui porque entender o

impacto da roteirização inteligente no e-commerce exige captar nuances de contexto que os dados quantitativos, sozinhos, não conseguem explicar.

Quanto aos objetivos, a pesquisa tem caráter exploratório. Gil (2019) aponta que estudos dessa natureza aproximam o pesquisador do fenômeno investigado, ajudando a esclarecer conceitos, desenvolvê-los e, quando necessário, reformulá-los. Esse formato é o mais adequado quando o tema ainda carece de investigação mais densa ou quando a intenção é abrir caminho para trabalhos futuros. Esse exatamente o caso: o debate em torno do uso estratégico de algoritmos de rotas no e-commerce brasileiro ainda está em plena expansão no meio acadêmico.

Como procedimento técnico, o trabalho se apoiou em pesquisa bibliográfica em fontes secundárias. Marconi e Lakatos (2017) definem esse caminho como o levantamento de tudo que já foi tornado público sobre o tema como livros, periódicos, teses e artigos científicos. Na seleção do material, deu-se preferência a publicações a partir de 2016, com ênfase em estudos que articulam logística 4.0, algoritmos de otimização e crescimento do comércio eletrônico, o que garantiu um referencial teórico atualizado e coerente com o problema investigado.

A construção da pesquisa seguiu etapas. Primeiro se iniciou com o mapeamento e a seleção da literatura pertinente. Depois, a leitura crítica e o fichamento dos materiais que apresentavam dados concretos sobre eficiência operacional, redução de custos e nível de serviço ao cliente. Por fim, esse conteúdo foi cruzado para sustentar a argumentação. Severino (2016) defende que esse processo permite organizar as contribuições teóricas de forma crítica indo além da simples descrição para entregar uma reflexão consistente sobre os impactos práticos da roteirização no setor logístico.

REFERENCIAL TEÓRICO

Freitas (2025) diz que a busca incessante por agilidade nas cadeias de suprimentos, fenômeno potencializado pela explosão do e-commerce, colocou a roteirização inteligente no centro das estratégias logísticas contemporâneas. Hoje, não se trata apenas de traçar caminhos, mas de utilizar tecnologia digital, análise massiva de dados e automação para garantir um fluxo de mercadorias mais assertivo. Essa integração é o que permite na prática, uma resposta rápida às demandas do mercado, reduzindo custos e elevando o padrão dos serviços prestados ao cliente. No cenário das vendas digitais, a logística quebrou a barreira do operacional para se tornar o coração da estratégia corporativa. O tempo de espera entre o clique de compra e a chegada do pacote se tornou um fator determinante, impactando diretamente se o cliente voltará ou não a realizar compras (Souza, 2025).

A eficiência nessa etapa mexe com a percepção de valor do consumidor. Quando a entrega é veloz, segura e acessível, a experiência de compra sobe de nível. Por isso, dominar o planejamento de rotas e a organização dos envios é crucial para evitar gargalos e falhas que custam caro à imagem da empresa, como apontam Brandão (2019) e Bertholdo (2021). Ao adotar sistemas integrados, a chamada logística inteligente traz previsibilidade para a "última milha" que seria o trecho final da entrega, reconhecido como o mais complexo. Otimizar esse percurso significa ter menos atrasos e um atendimento superior, o que se traduz em consumidores mais satisfeitos, conforme Lima, Baggio e Correia Filho (2024).

Falar em roteirização inteligente hoje é, necessariamente, falar de logística 4.0. A entrada em cena de ferramentas como Inteligência Artificial, Big Data e Internet das

Coisas (IoT) mudou o jogo, permitindo que uma grande quantidade de dados seja processada para encontrar os caminhos mais viáveis e econômicos na distribuição (Lima; Baggio; Correia Filho, 2024). Segundo Goes (2023) essas soluções operam através de algoritmos que cruzam variáveis voláteis, como as condições do tráfego em tempo real, as distâncias geográficas e janelas de tempo. O resultado é uma gestão de recursos muito mais racional e uma queda sensível nas despesas operacionais. Mais do que eficiência, essa tecnologia oferece resiliência, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente às oscilações de demanda e aos imprevistos do dia a dia (Sucena; Cury, 2024).

O impacto de um bom planejamento logístico é sentido diretamente na integridade do produto e no cumprimento de prazos. Reduzir o *lead time*, que seria o tempo total do ciclo de pedido é um dos pilares para que uma empresa se mantenha competitiva e relevante (Christopher, 2021).

De acordo com Freires (2000) rotas bem traçadas não servem apenas para ganhar tempo, elas previnem avarias, extravios e os temidos retrabalhos que corroem a margem de lucro. Além disso, quando o trajeto é inteligente, a ocupação dos veículos é otimizada, reduzindo o desgaste da frota e os impactos ambientais. Complementando essa ideia Martins (2001) fala que se unir planejamento e tecnologia aumenta a probabilidade de que a promessa feita no site seja cumprida na porta do cliente, com qualidade e pontualidade. A Logística 4.0 representa um salto qualitativo na organização das operações, promovendo uma conexão profunda entre sistemas e processos. Essa nova conexão oferece uma visão completa da cadeia, permitindo o monitoramento em tempo real e uma rastreabilidade sem precedentes (Cepal, 2019; Corrêa, 2020).

Dentro dessa engrenagem, a roteirização atua como se fosse uma peça-chave, conectando desde a saída do armazém até as mãos do destinatário. Quando a tecnologia é aplicada dessa maneira e com esse foco, ela deixa de ser um suporte técnico e passa a ser uma vantagem competitiva real no mercado (Frigato, 2023). Nessa mesma linha de raciocínio Goes (2023) Entende que o vínculo entre e-commerce e logística inteligente prova que otimizar rotas é vital para a sobrevivência e o crescimento sustentável de qualquer negócio no mercado atual.

1- IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS ERROS ANTES DO ENVIO

O comércio eletrônico mudou a logística. A expansão acelerada das vendas virtuais reformulou o abastecimento em escala global e regional, forçando as empresas a abandonar o velho modelo reativo. Hoje, a gestão precisa antecipar problemas. No e-commerce contemporâneo, a sustentabilidade financeira da operação e o contentamento de quem compra dependem diretamente de evitar falhas antes que a encomenda saia do armazém. Pequenos deslizos na triagem, dados de endereço incorretos ou falhas na escolha dos veículos geram custos astronômicos. Entram nessa conta as despesas com viagens perdidas, logística reversa e, pior de tudo, a perda de confiança do cliente. Achar a origem dessas falhas no fluxo operacional é o primeiro passo para criar controles preventivos de verdade.

Ferreira (2019) observa que entregas atrasadas e falhas brutas de comunicação com o comprador lideram o ranking de problemas nas compras virtuais. O autor reforça que errar com frequência nesse processo destrói a imagem da empresa. Além do dano reputacional, os gastos com reenvio de pacotes e a gestão de produtos avariados encarecem toda a operação. Dados de campo ajudam a dimensionar o estrago. Na pesquisa feita por Jesus et al. (2025), 59% das pessoas ouvidas colocam a demora no envio como a pior experiência em compras na internet. A entrega de itens danificados aparece

logo em seguida, citada por 33% dos entrevistados, enquanto o envio de pedidos trocados atinge 28% do público. Fica evidente que checar e corrigir esses dados na fase de pré-expedição é urgente para garantir pontualidade e manter a qualidade do serviço.

Evitar falhas na saída da carga exige tecnologia ponta a ponta. As operações mais modernas usam análise preditiva e decisão automatizada para barrar inconsistências no momento certo. Na visão de Russell (2019), inteligência artificial nada mais é do que a capacidade do computador de executar tarefas complexas que antes exigiam o raciocínio humano, como perceber padrões e tomar decisões. O autor destaca que colocar sistemas inteligentes no transporte transforma os resultados operacionais, garantindo diagnósticos rápidos com base em dados processados ao vivo.

Russell (2020) aprofunda o debate ao mostrar que essas ferramentas trazem um nível alto de precisão na previsão de cenários. Isso ajuda a encontrar gargalos no planejamento e serve como uma barreira antes que o erro chegue ao cliente. Analisando pelo lado da governança, Russell (2021) pondera que usar inteligência artificial no setor garante controle sobre cada recurso utilizado. Essa visibilidade evita desperdícios e alinha o e-commerce com metas de sustentabilidade ambiental e responsabilidade social. As tecnologias aplicadas ao transporte também salvam a operação de erros bobos. Bowersox et al. (2021) defendem que usar sistemas avançados, como o gerenciador de transporte e o rastreamento em tempo real, tornou-se item de sobrevivência diante da complexidade do mercado. Os autores reforçam que melhorar a operação exige método para pegar as falhas antes que o caminhão saia para a rua, mantendo a empresa competitiva.

O trabalho feito dentro do centro de distribuição precisa conversar com a equipe de rua. Poltronieri, Gerolamo e Carpinetti (2017) mostram que a adoção de sistemas de gestão integrados padroniza processos e elimina etapas repetitivas. Isso garante conformidade nas rotinas e impede que erros se espalhem pelo restante da cadeia. A conservação dos veículos entra exatamente nesse ponto. De Campos (2025) explica que cuidar da frota preventivamente, cruzando dados mecânicos e unificando processos, evita que o caminhão quebre no meio do trabalho. Garante-se, assim, veículo pronto na doca, sem atraso no carregamento ou erro na montagem das rotas de entrega. Mendonça e Fa (2024) tratam do transporte rodoviário e apontam que gerenciar frotas com estratégia cortam custos e melhora a precisão do trabalho. Fernandes (2024) estuda o gargalo da mobilidade urbana nas entregas do e-commerce e conclui que administrar bem os fretes e os prazos minimiza prejuízos e melhora a percepção do consumidor final. O uso prático de tudo isso aparece em ferramentas modernas como o sistema Move Max, analisado por Jesus et al. (2025). A plataforma usa inteligência artificial para validar rotas, mandar avisos de manutenção, conferir dados da encomenda e rastrear a entrega em tempo real. O resultado é simples: barra-se o imprevisto dentro do galpão para garantir a entrega no prazo combinado.

2- DESENVOLVIMENTO DE ROTAS IDEAIS

O uso civil de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), mudou o setor de transportes e monitoramento. Na logística moderna, a busca por autonomia exige vencer limites físicos e de sinal. Aggarwal e Kumar (2020) investigaram o mapeamento de trajetórias em cenários bi e tridimensionais. Os autores focaram nas barreiras de comunicação que travam a troca de dados em tempo real, mostrando como falhas de conexão afetam o desempenho das missões. A cadeia de suprimentos também absorveu essa tecnologia. Li, Liu e Jiang (2022) mapearam o uso de drones em entregas autônomas e identificaram

gargalos práticos na movimentação de cargas, desde a decolagem até a chegada ao destino final. No setor extrativo, a aplicação exige sensores mais robustos. Uwizeyimana, Kavamahanga e Umwangange (2022) testaram drones em minas abertas para inspecionar áreas de risco, provando a eficiência dos sensores embarcados na captura de dados geográficos sob condições severas. A gestão da energia continua sendo o grande gargalo da aviação não tripulada. Jaramillo e Cabrera (2024) analisaram o consumo de bateria durante o monitoramento ambiental contínuo. Os pesquisadores acompanharam o desgaste das células de carga em voos de longa duração e propuseram rotinas operacionais para prolongar o tempo de tela sem comprometer a coleta de dados no campo.

Rotear frotas colaborativas exige matemática pesada. O Problema do Caixeiro Viajante Múltiplo e o Problema de Orientação de Equipes servem de base para alinhar veículos autônômicos em missões conjuntas. Wang et al. (2022) usaram a Colônia de Formigas Multiobjetivo para tratar custos do tipo min-max em matrizes de tempo que não coincidem na ida e na volta. O algoritmo conseguiu calibrar as rotas reduzindo o tempo do veículo mais sobrecarregado da equipe. Estratégias híbridas costumam entregar respostas mais rápidas em problemas complexos. Mahmoudinazlou e Kwon (2024) juntaram Algoritmo Genético e Programação Dinâmica para resolver o problema de alocação de equipes. A combinação reduziu o esforço computacional e garantiu caminhos mais curtos para frotas divididas em múltiplos pontos de apoio. A inclusão de janelas de tempo deixa o cenário ainda mais rígido. Yu et al. (2024) integraram a meta-heurística Simulated Annealing ao Aprendizado por Reforço para resolver a variação temporal do problema de orientação. A inteligência do modelo aprendeu a contornar atrasos ajustando as rotas conforme as restrições do relógio avançavam. Dubillard, Lorca e Lauras (2023) aplicaram o Sistema de Colônia de Formigas no roteamento multi-depósito. O estudo mostrou que organizar as saídas de bases diferentes evita o cruzamento desnecessário de veículos e cumpre os horários combinados com precisão.

Navegar com segurança exige duas camadas de cálculo: uma para enxergar o mapa geral e outra para desviar do perigo imediato. Liu et al. (2021) combinaram o algoritmo Jump-A* com a Abordagem de Janela Dinâmica. A fusão permitiu traçar trajetórias globais limpas enquanto a aeronave se ajustava para desviar de colisões locais sem perder o rumo original. A desvio de ameaças móveis exige respostas no milissegundo. Guo e Shi (2023) uniram a otimização por colônia de formigas adaptativa ao modelo DWA. O sistema recalcula o trajeto instantaneamente quando um objeto cruza a frente do drone, eliminando travamentos no processamento. Zhang, Wang e Wu (2023) preferiram combinar o algoritmo A* otimizado com o Campo Potencial Artificial. A junção corrigiu a tendência histórica do campo potencial de ficar preso em poços de atração local. Táticas reativas baseadas em aprendizado contínuo fecham as soluções da área. Hou et al. (2020) integraram o Q-Learning aprimorado ao Campo Potencial Artificial para evasão de obstáculos em tempo real. A rede aprendeu a reconhecer padrões de risco na rota e passou a responder antes mesmo de entrar na zona crítica de colisão.

3 - ENTENDENDO O PORQUÊ DAS DEVOLUÇÕES

A expansão do comércio eletrônico no Brasil transformou a logística de ponta a ponta. A etapa final da entrega, conhecida como última milha, concentra o deslocamento das mercadorias desde o centro de distribuição até as mãos do comprador (Miguel, 2022). Trata-se do trecho mais complexo e decisivo de toda a cadeia de suprimentos. O avanço das compras online alterou o peso estratégico da logística para o varejo. A digitalização

do mercado e a cobrança dos clientes por prazos menores forçaram as empresas a buscar eficiência a qualquer custo. Fazer entregas rápidas gastando menos exige tecnologia pesada e novos modelos operacionais (Bispo, 2024; Eskandaripour; Boldsai Khan, 2023). A compra digital derrubou as barreiras físicas do comércio tradicional e facilitou a rotina do consumidor (Turban et al., 2019). No mercado brasileiro, esse setor movimentou bilhões de reais a cada ano, impulsionado pelo volume crescente de pedidos nas plataformas virtuais (ABCOMM, 2023). Essa escala torna a última milha o fator crítico para garantir a satisfação de quem compra.

Levar o produto até a ponta final envolve uma série de etapas integradas. A distribuição física reúne armazenagem, transporte, definição de rotas e a entrega propriamente dita (Christopher, 2021). Por ser a ponta de contato com o cliente, essa fase pesa diretamente nos custos da empresa e na qualidade percebida do serviço (Rohmann et al., 2024). A eficiência nessa operação define quem se mantém competitivo. Entretanto, as cidades impõem barreiras diárias ao fluxo de cargas. Trânsito travado, restrições de circulação e vias precárias atrasam as frotas e reduzem a produtividade no trânsito urbano (Silva, 2025). O custo elevado dessa operação, somado à pressão por prazos curtíssimos, transforma a última milha no principal gargalo logístico da atualidade (Ballou, 2020; Christopher, 2021). A cobrança do consumidor por entregas sob medida complica ainda mais esse quadro. O público quer escolher horários específicos e locais variados para retirar suas encomendas (Romero; Santos, 2022). Atender a essa demanda exige processos flexíveis e revisão constante das operações de campo.

O planejamento inteligente de rotas surge como caminho para contornar esses bloqueios. A aplicação de inteligência artificial, aprendizado de máquina e algoritmos de otimização recalcula trajetos em tempo real, cortando gastos e encurtando o tempo de viagem (Azevedo, 2023; Felix; Silva, 2023; Silva, 2021). Essas ferramentas melhoram o uso da frota e elevam o padrão do atendimento. O setor também começou a testar novas alternativas de transporte urbano. Drones, veículos autônomos, e-bikes e armários inteligentes ganham espaço na rotina das entregas. Essas escolhas buscam acelerar o serviço e, ao mesmo tempo, diminuir a pegada de carbono do transporte nas cidades (Silva; Nascimento; Santana, 2024). A gestão da última milha virou o divisor de águas no comércio eletrônico. Combinar tecnologia com planejamento estratégico é o único jeito de vencer os gargalos urbanos e acompanhar o ritmo do mercado digital contemporâneo.

CONCLUSÃO

Este estudo buscou examinar como o roteamento inteligente responde às pressões logísticas típicas do comércio eletrônico de hoje. Os dados reunidos indicam que calcular trajetos via algoritmos vai muito além de encurtar quilômetros; a prática mexe diretamente na estrutura de custos, na experiência final do comprador e na própria margem de lucro das empresas. Trata-se de eficiência estrutural.

Durante a pesquisa, três pontos chamaram a atenção. Primeiro, a capacidade de identificar erros dentro do armazém antes que os produtos saiam para a rua, o que corta retrabalhos e evita atritos desnecessários com o cliente. Segundo a precisão matemática na criação de rotas, permitindo que as frotas lidem melhor com a imprevisibilidade do trânsito urbano. Por fim, o mapeamento detalhado das causas que geram devoluções, oferecendo insumos reais para consertar falhas operacionais logo no início do fluxo.

Apesar dos benefícios, o gargalo da adoção raramente é a tecnologia em si. Ele é humano e cultural. Faltam equipes treinadas e sobram processos engessados que resistem à integração de novos sistemas; sem uma liderança disposta a rever a rotina da operação, o software pouco resolve. Como sugestão para investigações posteriores, convém quantificar o impacto ecológico dessa otimização na redução real das emissões de poluentes pelas frotas. Outro caminho fértil é avaliar formas de baratear essas ferramentas para que negócios de pequeno porte tenham acesso a elas, bem como analisar a resposta desses sistemas diante dos buracos e da precariedade crônica da malha viária brasileira. Fica evidente, portanto, que a inteligência analítica aplicada às entregas deixou de ser uma vantagem competitiva temporária. Ela virou pré-requisito de sobrevivência para qualquer e-commerce.

REFERÊNCIAS

- ABCOMM – Associação Brasileira de Comércio Eletrônico. **Relatório do Comércio Eletrônico no Brasil**. São Paulo: ABCOMM, 2023.
- AGGARWAL, S.; KUMAR, P. Path planning and communication constraints in UAV operations: 2D and 3D mapping perspectives. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 98, n. 2, p. 321-338, 2020.
- ALENCAR JUNIOR, Alencastro Ferreira de; ALENCAR, Gabriel Ribeiro. A Influência das tecnologias da Indústria 4.0 na eficiência da logística integrada: evidência aplicadas e oportunidades estratégicas para cadeia de suprimentos globais. Rio Grande do Sul: **Interference Journal**, 2025. 11 v.
- AZEVEDO, M. Algoritmos de roteirização e eficiência na logística urbana. **Revista de Transportes e Logística**, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2023.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.
- BERTHOLDO, Flavio A. **O que é E-commerce? Como Funciona e os Melhores em 2021**. Porto Alegre: Bertholdo, 2021. Disponível em: [https://www.bertholdo.com.br/blog/o-que-e-e-commerce/]. Acesso em: 19 jul. 2026.
- BEZERRA, Aiub da Silva et al. Aplicação do Lean Manufacturing 4.0 para Redução de Desperdícios na Expedição de E-commerce. **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**, Manaus, v. 23, 2025.
- BISPO, R. Inovação tecnológica e competitividade na última milha do e-commerce. **Journal of Digital Logistics**, v. 6, n. 1, p. 12-27, 2024.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby; BOWERSOX, John C. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.
- BRANDÃO, Bruna. **O papel da Logística no e-commerce**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2019. Disponível em: [https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/6923/1/administracaoetim_2021_2_gabrielvitorsacilottisilva_aimportanciadalogistica.pdf]. Acesso em: 19 jul. 2026.
- CEPAL. **Industry 4.0 and the emergence of Logistics 4.0**. Santiago: Cepal, 2019. (Bulletin 375, Facilitation Of Transport And Trade In Latin America And The Caribbean).
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gestão da cadeia de suprimentos**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2021.
- CORRÊA, J. S.; SAMPAIO, M.; BARROS, R. C. **An exploratory study on emerging technologies applied to logistics 4.0: gestão & produção**. São Carlos: Ufscar, 2020. 27 v. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/0104530X5468-20]. Acesso em: 19 jul. 2026.
- DE CAMPOS, Ricardo. Gestão de frota e análise preventiva de dados mecânicos no transporte de carga. **Revista Brasileira de Logística e Transportes**, v. 14, n. 1, p. 45-58, 2025.
- DUBILLARD, M.; LORCA, X.; LAURAS, M. Multi-depot fleet routing with time windows using Ant Colony System. **Computers & Operations Research**, v. 151, p. 106-119, 2023.

- ESKANDARIPOUR, S.; BOLDSAIAKHAN, E. Technological advancements in last-mile delivery for e-commerce logistics. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 26, n. 4, p. 410-428, 2023.
- FELIX, L.; SILVA, A. Aprendizado de máquina aplicado ao planejamento de rotas de entrega. **Gestão & Produção**, v. 30, n. 3, p. 101-115, 2023.
- FERIGATO, Evandro. **Logística inteligente: avanços, desafios e perspectivas futuras**. Paracatu-Mg: Revista Humanidades & Tecnologia (Finom), 2023. 41 v. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/373139308>. Acesso em: 19 jul. 2026.
- FERNANDES, Lucas. Mobilidade urbana e entregas no e-commerce: desafios e estratégias para a gestão de fretes. **Journal of Urban Logistics**, v. 8, n. 2, p. 112-129, 2024.
- FERREIRA, Anderson. **Logística no comércio eletrônico: gestão, estratégias e desafios no e-commerce**. São Paulo: Atlas, 2019.
- FREIRES, F. G. M. **Proposta de um modelo de gestão dos custos da cadeia de suprimentos**. Dissertação, 2000, 135 f. (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- FREITAS, Thiago Fernandes de. **O CRESCIMENTO DO E-COMMERCE E O IMPACTO DA LOGÍSTICA INTELIGENTE**. 44. ed. São José dos Pinhais: Lumen Et Virtus, 2025. 16 v. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/4861>. Acesso em: 19 jul. 2026.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GOES, Tafarel C. de et al. Logística inteligente e serviços logísticos: uma revisão sistemática da literatura. **Revista GeSec**, São Paulo, v. 14, n. 6, p. 10666-10686, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i6.2412. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/372049152>.
- GUO, X.; SHI, Y. Dynamic obstacle avoidance using adaptive ACO and Dynamic Window Approach for unmanned aerial vehicles. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 162, p. 104-118, 2023.
- HOU, Z.; ZHANG, L.; WANG, Y.; LI, H. Real-time threat avoidance using enhanced Q-Learning and Artificial Potential Field. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 18, n. 3, p. 1420-1433, 2020.
- JARAMILLO, C.; CABRERA, D. Environmental monitoring and battery consumption management in UAV fleets. **Drones**, v. 8, n. 1, p. 45-59, 2024.
- JESUS, Marcos; SALVINO, Beatriz; VIANA, Carla; FERREIRA, Anderson; PAZ, Rodrigo. Validação preditiva e automação na expedição do e-commerce: o caso Move Max. **Revista de Logística e Tecnologia da Informação**, v. 10, n. 1, p. 15-32, 2025.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2009. cap. 3, p. 48-133.
- LI, J.; LIU, Y.; JIANG, Z. Autonomous supply chain and delivery systems using UAVs: A comprehensive survey. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 159, p. 102-120, 2022.
- LIMA, Orlem P. de; BAGGIO, Daniel K.; CORREIA FILHO, Wladimir L. **Contribuições da logística 4.0 diante dos impactos das novas tecnologias impulsionadas pela Indústria 4.0**. IOSR Journal of Business and Management, v. 26, n. 3, p. 04-09, mar. 2024.
- LIU, H.; WANG, K.; ZHANG, R.; CHEN, X. Global path planning and local reactive navigation based on Jump-A* and DWA fusion. **Automated Construction & Robotics**, v. 41, n. 4, p. 889-902, 2021.
- MAHMOUDINA ZLOU, H.; KWON, C. A Hybrid Genetic Algorithm with Dynamic Programming for the Team Orienteering Problem. **European Journal of Operational Research**, v. 312, n. 1, p. 89-102, 2024.
- MARTINS, Sérgio Pinto. **A terceirização e o direito do trabalho**. São Paulo: Atlas, 2001.
- MENDONÇA, Gabriel; FA, Roberto. Gerenciamento estratégico de frotas rodoviárias de carga e acurácia operacional. **Transporte e Sociedade**, v. 19, n. 3, p. 88-104, 2024.
- MIGUEL, F. A complexidade da logística de última milha no varejo digital. **Revista Brasileira de Gestão e Logística**, v. 11, n. 1, p. 33-49, 2022.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 34. ed. Petrópolis: Vozes, 2016.

- SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2016.
- POLTRONIERI, Cátia; GEROLAMO, Mateus; CARPINETTI, Luiz. **Sistemas de gestão integrados na cadeia logístico-operacional**: padronização e eliminação de redundâncias. *Gestão & Produção*, v. 24, n. 4, p. 710-725, 2017.
- ROHMANN, T. et al. **Impacto da distribuição física nos custos operacionais e no nível de serviço ao consumidor**. *Transporte em Transformação*, v. 18, n. 2, p. 77-92, 2024.
- ROMERO, C.; SANTOS, P. Flexibilidade e personalização nas entregas urbanas do e-commerce. *Logística Contemporânea*, v. 9, n. 2, p. 88-102, 2022.
- RUSSELL, Stuart. **Human compatible**: Artificial intelligence and the problem of control. New York: Viking, 2019.
- RUSSELL, Stuart. Predictive analytics and operational control in supply chains. *International Journal of Artificial Intelligence and Logistics*, v. 12, n. 2, p. 101-118, 2020.
- RUSSELL, Stuart. Governance and sustainability in AI-driven logistics environments. *Logistics & Sustainability Review*, v. 15, n. 1, p. 40-55, 2021.
- SILVA, D. **Roteirização inteligente e otimização de frotas no transporte de carga**. São Paulo: Atlas, 2021.
- SILVA, Eduardo Filipe da; KAWAKAME, Marcelo dos Santos. **Logística 4.0: Desafios e inovações**. Ponta Grossa-Pr: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2019.
- SILVA, J. Restrições urbanas e gargalos na logística de entregas no Brasil. *Journal of Urban Transport*, v. 15, n. 1, p. 50-64, 2025.
- SILVA, M.; NASCIMENTO, R.; SANTANA, K. Soluções sustentáveis na última milha: drones, lockers e veículos elétricos. *Revista Sustentabilidade Operacional*, v. 7, n. 3, p. 140-155, 2024.
- SOUZA, Arnaldo Henrique da Silva. **LOGÍSTICA APLICADA COMO VANTAGEM COMPETITIVA**: um estudo de caso sobre o comércio eletrônico. Marília: Fatec Marília, 2025.
- SUCENA, Rafael; CURY, Pedro. **Inteligência artificial aplicada para avaliação da percepção da qualidade da logística do e-commerce**: o caso do Rio de Janeiro. *Boletim Técnico do SENAC*, Rio de Janeiro, 2024.
- SNYDER, Hannah. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. *Journal of Business Research*, v. 104, p. 333-339, 2019.
- TURBAN, E. et al. **Electronic Commerce 2019**: A Managerial and Social Networks Perspective. Cham: Springer, 2019.
- UWIZEYIMANA, E.; KAVAMAHANGA, F.; UMWANGANGE, C. Sensor-based open-pit mine inspection using unmanned aerial vehicles. *International Journal of Mining Science and Technology*, v. 32, n. 5, p. 611-623, 2022.
- WANG, Y.; LI, X.; ZHANG, J.; ZOU, P.; LIU, M. Multi-Objective Ant Colony System for asymmetric min-max multiple Traveling Salesman Problem. *Expert Systems with Applications*, v. 195, p. 116-130, 2022.
- YU, F.; GUO, J.; TANG, L.; ZHAO, X. Simulated Annealing combined with Reinforcement Learning for SETOP TW. *Knowledge-Based Systems*, v. 284, p. 111-125, 2024.
- ZHANG, Q.; WANG, T.; WU, G. Optimized A* and Artificial Potential Field fusion for UAV obstacle avoidance. *Aerospace Science and Technology*, v. 138, p. 108-121, 2023.