



SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO LOGÍSTICO DE ÚLTIMA MILHA: UM ESTUDO DE ESCOPO

SUSTAINABILITY IN THE LAST MILE LOGISTICS PROCESS: A SCOPE STUDY

SOSTENIBILIDAD EN EL PROCESO LOGÍSTICO DE ÚLTIMA MILLA: UN ESTUDIO DE ALCANCE

Kévila Camilla Santos de Oliveira¹, **Dalton Matsuo Tavares**², & **Stella Jacyszyn Bachega**^{3*}

^{1,3} Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia

² Universidade Federal de Catalão, Instituto de Biotecnologia

¹ kevila.camilla@discente.ufcat.edu.br ² dalton_tavares@ufcat.edu.br ^{3*} stella@ufcat.edu.br

ARTIGO INFO.

Publicado: 03.12.2024

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Logística de Última Milha; Estudo de escopo.

KEYWORDS: Sustainability; Last Mile Logistics; Scope Study.

PALABRAS CLAVE: Sostenibilidad; Logística de Última Milla; Estudio de Alcance.

*Autor Correspondente: Bachega, S. J.

RESUMO

A logística de última milha, que abrange o transporte final de produtos até o consumidor, enfrenta desafios ambientais significativos, além de buscar compreender as práticas e conceitos aplicados neste contexto. O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo de escopo para coletar informações e mapear o conhecimento atual sobre sustentabilidade no processo logístico de última milha, no período de 2017 até 2024. Sendo assim, investiga a interseção entre sustentabilidade e logística de última milha, considerando diante do crescimento do comércio eletrônico e da urbanização acelerada. Para tanto, utilizou-se a explicação científica hipotético-dedutiva, a abordagem mista qualitativa e quantitativa e o procedimento estudo de escopo. Foram identificados 21 artigos relevantes ao tema da pesquisa nas bases consultadas IEEE Xplore e Science Direct. Entre os principais resultados obtidos, destaca-se a preocupação com a eficiência energética durante o processo de entrega, alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade. Dentre as contribuições deste trabalho está o fornecimento de informações valiosas para o direcionamento de estudos mais amplos, como futuras revisões sistemáticas da literatura.

ABSTRACT

Last mile logistics, which encompasses the final transportation of products to the consumer, faces significant environmental challenges, as well as seeks to understand the practices and concepts applied in this context. The overall objective of this work is to conduct a scope study to collect information and map the current

knowledge on sustainability in the last mile logistics process, from 2017 to 2024. Therefore, it investigates the intersection between sustainability and last mile logistics, considering the growth of e-commerce and accelerated urbanization. For this purpose, the study used hypothetical-deductive scientific explanation, a mixed qualitative and quantitative approach, and the scoping study procedure. Twenty-one relevant articles on the research topic were identified in the IEEE Xplore and Science Direct databases. Among the main results obtained, the concern with energy efficiency during the delivery process stands out, aligning with sustainability goals. One of the contributions of this work is providing valuable information for directing broader studies, such as future systematic literature reviews.

RESUMEN

La logística de última milla, que abarca el transporte final de productos hasta el consumidor, enfrenta desafíos ambientales significativos, además de buscar comprender las prácticas y conceptos aplicados en este contexto. El objetivo general de este trabajo es realizar un estudio de alcance para recopilar información y mapear el conocimiento actual sobre sostenibilidad en el proceso logístico de última milla, desde 2017 hasta 2024. Por lo tanto, se investiga la intersección entre sostenibilidad y logística de última milla, considerando el crecimiento del comercio electrónico y la urbanización acelerada. Para ello, se utilizó la explicación científica hipotético-deductiva, un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo, y el procedimiento de estudio de alcance. Se identificaron 21 artículos relevantes sobre el tema de investigación en las bases de datos IEEE Xplore y Science Direct. Entre los principales resultados obtenidos, destaca la preocupación por la eficiencia energética durante el proceso de entrega, alineándose con los objetivos de sostenibilidad. Una de las contribuciones de este trabajo es proporcionar información valiosa para orientar estudios más amplos, como futuras revisiones sistemáticas de la literatura.

INTRODUÇÃO

A logística de última milha (LUM) é determinada como o final do processo, ou seja, a conexão final na cadeia de suprimentos, também chamado de logística de *last mile*, motivo pela junção das etapas de produção e distribuição aos clientes finais. Essa fase final da cadeia de suprimentos, envolve desde quando a compra é realizada pelo cliente, finalização, até a mercadoria ser entregue nas residências ou em locais de preferência do consumidor (Bosona, 2020).

LUM na sustentabilidade vem se tornando um tema bastante relevante para estudos e pesquisas, tendo em vista indicar soluções inovadoras e práticas que sejam capazes de colaborar para aprimorar a eficácia e sustentabilidade desse processo. No contexto organizacional, analisar os três pilares da sustentabilidade envolve garantir os direitos de os trabalhadores quanto zelar pela saúde e bem-estar dos colaboradores, executar critérios para evitar destruições do meio ambiente e, assegurar a permanência econômica da empresa (Lauenstein & Schank, 2022; Viu-Roig & Alvarez-Palau, 2020).

A relevância do desenvolvimento sustentável na LUM, em grande medida, se deve ao crescimento paulatino do comércio eletrônico B2C (*business to consumer*). Muito disso se deve a pandemia da COVID-19, destacando a importância deste último elo na cadeia de suprimentos. Na indústria da moda, por exemplo, apesar do processo de funcionamento principal e dominante, registram-se desafios significativos em como se praticar a sustentabilidade.

Torna-se claro que ao reconsiderar os modelos de negócios comuns e adotar novas condutas sustentáveis, proporciona-se uma modificação no mercado (Peterson et al., 2017). Dessa forma, muitas lojas físicas estão migrando para o formato digital (Escursell et al., 2021; Viu-Roig & Alvarez-Palau, 2020).

O impulso para esta expansão é evidenciado pela análise do crescimento do comércio eletrônico, fato que aumentou as compras online em resposta ao isolamento social. Mesmo após a pandemia de COVID-19, criaram-se novos hábitos de consumo, sendo esses muito importantes para esse crescimento eletrônico e irreversível, reforçando a importância e os desafios associados à atividade da última milha (Viu-Roig & Alvarez-Palau, 2020).

Um Relatório do Fórum Econômico Mundial de 2020 projeta que até 2030, o comércio eletrônico sozinho aumentaria o número de veículos de entrega em 37%, expandindo um aumento de 32,5% nas emissões de carbono na atmosfera (Toy et al., 2020). Com o crescimento do comércio eletrônico, a logística de envio de produtos para venda online tem enfrentado impactos significativos e se tornado mais difícil. Esta etapa específica da logística, conhecida como “última milha”, representa a parte mais onerosa e poluente de toda a cadeia de abastecimento (Ehmke & Christian, 2012). Com base neste contexto e nesta problemática, surge a seguinte questão de pesquisa: Quais os principais resultados e lacunas da literatura sobre sustentabilidade no processo LUM, de 2017 a 2024? Ressalta-se que esse escopo foi utilizado na pesquisa porque 2017 é o primeiro ano em que artigos abordando os dois temas

foram encontrados simultaneamente nas bases de dados estudadas, incluindo a sustentabilidade e logística de última milha.

O presente artigo busca conduzir um estudo de escopo com o objetivo de reunir informações e mapear o conhecimento sobre sustentabilidade no processo de logística da última milha de 2017 a 2024. Assim, este estudo passou por uma revisão de escopo limitada em extensão, a qual visa fornecer a perspectiva de condução de uma revisão sistemática sobre sustentabilidade no processo de logística da última milha. A seleção de evidências foi iniciada por meio de um processo de revisão de escopo, que foi delineado como uma das abordagens cujo intuito é confirmar a amplitude e os tipos de evidências disponíveis, conforme coletado em Arksey e O'Malley (2005). Esta definição específica foi posteriormente revisada em Levac et al. (2010) para determinar a importância crucial de esclarecer o propósito e os objetivos do estudo. Com orientação adicional de Peters et al. (2015), Arksey e O'Malley (2005) denotaram que uma revisão de escopo é outro tipo de revisão de literatura que visa mapear toda a literatura disponível em um campo de interesse específico.

Geralmente, há quatro parâmetros comuns de um estudo de escopo a serem realizados: rastrear a natureza/objetivo do desempenho ou atividade sob revisão; agregar as descobertas da pesquisa e disponibilizá-las; avaliar as descobertas resultantes de uma revisão sistemática abrangente; e identificar as lacunas de pesquisa da literatura já existente. O artigo é estruturado da seguinte forma: após esta parte introdutória, a seção dois oferece um infográfico contendo uma representação resumida do conteúdo do artigo. A seção três fornece uma estrutura teórica sobre sustentabilidade no processo de logística da última milha. Todas as metodologias aplicadas são descritas na seção quatro. Os resultados alcançados são discutidos na seção cinco. Finalmente, os últimos comentários sobre este estudo são marcados na sexta seção (Figura 1).

Figura 1. Representação do Graphical Abstract



Fonte: Autores (2024).

SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO LOGÍSTICO DE ÚLTIMA MILHA

A logística de última milha (LUM) é vista como um ponto crítico da cadeia logística, se manifestando como principal causador do crescimento do comércio eletrônico. Zarei et al. (2020) enfatizam que o processo nesta fase é complexo, envolvendo a distribuição dos produtos até o seu destino final (Boysen et al., 2020). O LUM constitui uma etapa crítica e complexa da cadeia de abastecimento, onde os impactos ambientais e sociais são de grande importância.

Com a abertura de lojas físicas limitadas por causa da crise, o comércio eletrônico cresceu. Essa situação aumenta ainda mais os pedidos e transações nos próximos anos, à medida que novas tecnologias forem implementadas. O aumento da entrega na última milha levanta questões sérias sobre os impactos ambientais e sociais que ainda não foram totalmente discutidas (Miguel, 2022).

Miguel (2022) indicou que a automação do transporte urbano para entregas de última milha é um dos domínios importantes de pesquisa, necessário para a atualização de conceitos e processos logísticos, para logística de última milha. Isso significaria generosidade econômica combinada com obrigações ambientais e bem-estar social.

De acordo com Bates et al. (2018), a principal preocupação é reduzir as emissões de gases de efeito estufa e, em geral, tentar minimizar o impacto ambiental dos modos de transporte e entrega de mercadorias, garantindo assim, a sustentabilidade na logística de última milha. O transporte de entrega da última milha é considerado o "pior" modo de emissões de carbono, congestionamento e poluição em um momento crítico em que o foco na sustentabilidade é garantido ao se fornecer tais serviços.

METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa para este artigo em particular foi seguida seguindo a explicação científica hipotético-dedutiva de Popper (2004). No momento do desenvolvimento do estudo de escopo, tornou-se necessário formular proposições para contribuir com a realização da pesquisa. Quanto à metodologia de pesquisa, ela envolveu uma combinação de técnicas qualitativas e quantitativas conforme recomendado por Denzin (2008) e Denzin e Lincoln (2011). Enquanto a primeira ajudou na organização dos resultados, a última facilitou uma análise mais interpretativa dos dados encontrados.

O desenho de pesquisa usado para este artigo é chamado de estudo de escopo. Um estudo de escopo se refere a um método que envolve pesquisar/pesquisar extensamente a literatura para determinar e selecionar os trabalhos mais pertinentes e relevantes em qualquer campo de estudo. Os principais objetivos de tal desenho de estudo exploratório são explorar a natureza das especificidades sob investigação, identificar lacunas na literatura existente e examinar as condições que merecem uma revisão sistemática completa. As recomendações de Peterson et al. (2017) foram consideradas durante a realização deste estudo.

O escopo da pesquisa foi direcionado para a identificação de comunicações formais de resultados de pesquisa que abordassem o uso de conceitos e atividades de sustentabilidade

no processo logístico de última milha no período especificado. Essa etapa é fundamental para resumir e disseminar os resultados da pesquisa sobre o tema proposto e encontrar contribuições relevantes para a incorporação de conceitos e práticas sustentáveis no contexto do processo logístico de última milha.

Para garantir a abrangência e relevância da revisão, foram definidos critérios específicos para a seleção dos estudos e fontes. Apenas artigos em inglês foram considerados para garantir a inclusão de pesquisas de alcance global. Foram incluídos estudos publicados entre 2017 e 2024, assegurando a relevância e atualidade dos dados. Salienta-se que na pesquisa utilizou-se este horizonte, por 2017 ser o primeiro ano que constou artigos contendo os dois tópicos em conjunto (i.e., sustentabilidade discutido em conjunto com LUM).

As bases de dados IEEE Xplore e Science Direct foram escolhidas pela ampla cobertura de pesquisas científicas nas áreas de sustentabilidade e logística de última milha. A busca foi realizada utilizando palavras-chave como "*sustainability*", e "*last mile logistics*", para capturar uma gama ampla de estudos relevantes. Nesta pesquisa foram identificados 6.181 artigos. Após a busca nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos e uma avaliação e seleção criteriosa, processo de filtragem para inclusão e exclusão, restaram 21 artigos para análise.

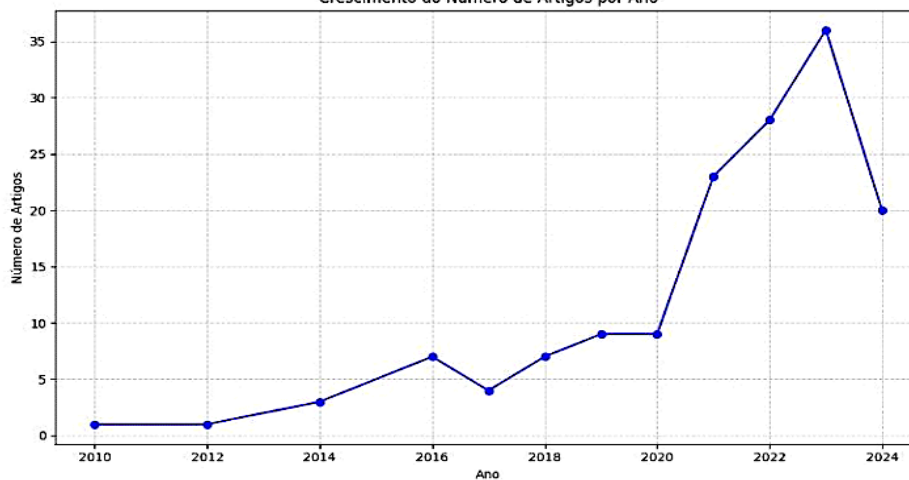
Os critérios adotados para a seleção dos artigos foram: estudos iniciais encontrados em periódicos abordando sustentabilidade na logística de última milha, workshops e conferências. Os critérios de exclusão abrangeram: resumos; duplicação de artigos nas bases de dados; artigos acessíveis apenas por pagamento, trabalhos em andamento; e outros documentos classificados como literatura cinzenta.

O levantamento das informações, cujo objetivo foi obter os dados de cada pesquisa como parte de uma revisão narrativa, seguiu os critérios a seguir: i) autor (es), data e local de publicação do estudo; ii) origem da publicação; iii) palavras-chaves; iv) instituição dos pesquisadores; v) objetivos da pesquisa; vi) tópicos/conceitos abordados sobre sustentabilidade e LUM; vii) conclusões principais. Em seguida, os dados foram reunidos, resumidos e registrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a distribuição da frequência dos artigos por ano de pesquisa em relação às palavras-chave usadas nas buscas em bases de dados, sem aplicar os critérios de inclusão e exclusão aos artigos da amostra. Portanto, não há garantia de que nesta amostra, com a concentração deste trabalho de pesquisa, seja possível levantar tantas questões de sustentabilidade quanto de LUM em um único artigo, uma vez que, neste estágio, os critérios de inclusão e exclusão não foram aplicados.

Figura 2. Frequência de artigos por ano
Crescimento do Número de Artigos por Ano



Fonte: Autores (2024).

Notavelmente, o nível de produção acadêmica aumentou, registrando picos em 2023 (36 artigos), em 2022 (28 artigos) e em 2021 (23 artigos). Notavelmente, o ano de 2017 teve apenas quatro artigos publicados, diminuindo um declínio em relação ao ano de 2016, quando 11 artigos foram escritos. Apesar dos declínios absolutos relatados acima, é evidente que a cada ano, mais artigos estão sendo escritos. Esses números apontam para um interesse crescente e sustentado no assunto da investigação, durante o período em discussão. Em muitos casos, as mudanças anuais tendem a representar um aumento na atividade acadêmica. Da literatura publicada anteriormente, os artigos foram escolhidos, obedecendo aos critérios estipulados, os quais mediam a qualidade dos artigos selecionados. Esses artigos eram sobre o assunto de sustentabilidade e logística da última milha. A Tabela 1 fornece um resumo dos estudos selecionados, nos quais a identificação (ID), nomes de publicação, autores, ano de publicação e fontes são mostrados. Mencionamos que o ano de 2023 teve um pico com o maior número de publicações sobre este tópico de pesquisa, que foi de oito publicações. Tais desempenhos dramáticos são intencionais, já que em 2024 houve quatro identificações; 2020 registra três identificações; 2021 manifesta duas enquanto 2019, 2018 e 2017 cada um carrega uma identificação de publicação. Isso foi feito principalmente em periódicos especializados.

Tabela 1. Lista dos estudos selecionados

ID	Autores	Ano	Fonte
P1	Bienzeisler, Wage e Friedrich	2024	Forum for Innovative Sustainable Transportation Systems (FISTS)
P2	Bošković et al.	2023	IEEE Access
P3	Bonilla, Bouzon e Pena-Montoya	2024	Cleaner Logistics and Supply Chain
P4	Caggiani et al.	2021	Transportation Research Procedia
P5	Calabrò et al.	2023	Transportation Research Interdisciplinary Perspectives
P6	Garg et al.	2023	Transportation Research Part D
P7	Gonzalez, Garrido e Vassallo	2023	Research in Transportation Business & Management
P8	Halldórsson e Wehner	2020	Research in Transportation Business & Management
P9	Karakikes e Nathanail	2017	Procedia Engineering
P10	Kervenoael, Schwob e Chandra	2020	Journal of Retailing and Consumer Services
P11	Kin et al.	2018	Case Studies on Transport Policy
P12	Kiba-Janiak et al.	2021	Sustainable Cities and Society

P13	Lemardelé et al.	2023	Transportation Research Procedia
P14	Matsuda e Tanaka	2022	IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering e IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe
P15	Melkonyan et al.	2020	International Journal of Production Economics
P16	Pira et al.	2024	Research in Transportation Economic
P17	Saha et al.	2023	IEEE Transactions on Fuzzy Systems
P18	Selter, Schmitz e Schramm-Klein	2024	Transportation Research Part D
P19	Silva, Amaral e Fontes	2023	Sustainable Cities and Society
P20	Weiss e Onnen-Weber	2019	Transportation Research Procedia
P21	Yanpirat, Silva e Smith	2023	Engineering Applications of Artificial Intelligence

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 2, percebe-se que as instituições de pesquisa a partir das quais os estudos emanam, possuem uma distribuição geográfica em estudos sobre amianto, demonstrando que as tentativas de consolidar informações são mundiais. O leitor notará imediatamente que EUA, Itália e Alemanha se apresentam com as características mais recorrentes na lista, graças a uma concentração nacional de estudos.

Tabela 2. Afiliação institucional da pesquisa e local do estudo

ID	Local do Estudo	Instituição dos pesquisadores
P1	Califórnia, EUA	Forum for Innovative Sustainable Transportation Systems (FISTS)
P2	Sérvia	University of Belgrade, University of Pardubice, University of Novi Sad
P3	Florianópolis, Brasil	Federal University of Santa Catarina, Autonomous University of The Wes
P4	Bari, Itália	Polytechnic University of Bari
P5	Catania, Itália	University of Catania
P6	Denton, TX, EUA	University of North Texas
P7	Madri, Espanha	Universidad Politécnica de Madrid
P8	Gotemburgo, Suécia	Chalmers University of Technology
P9	Volos, Grécia	University of Thessaly
P10	Rennes, França	Rennes School of Business, Rennes, La Rochelle Business School, Singapore Institute of Management
P11	Bruxelas, Bélgica	Universiteit Brussel, Pleinlaan, Eindhoven University of Technology, Eindhoven
P12	Polônia	Wroclaw University of Economics and Business
P13	Europa	The Future Mobility Research Hub, Technische Universität Clausthal, Institute of Software and Systems Engineering, Technische Universität Braunschweig, Institute for Engineering Design, Technische Universität Braunschweig, Institute of Automotive Engineering, Directorate of Innovation and Service Development, DKV Debrecen Exclusive Public Transport Company Ltd.
P14	Tóquio, Japão	Tokyo Institute of Technology
P15	Colônia, Alemanha	University of Duisburg-Essen, Westcoast University of Applied Sciences, T A Pai Management Institute of Manipal, Logistics Management at WHU
P16	Itália	University of Catania, Faculty of Logistic, Polytechnic University of Bari, Delft University of Technology, University of Roma TRE, University College Dublin, Delft University of Technology
P17	Belgrado, Sérvia	University of Belgrade
P18	Siegen, Alemanha	University of Siegen
P19	Portugal	Institute for Systems and Computer Engineerin, Polytechnic Institute of Porto
P20	Wismar, Alemanha	Research GmbH Wismar
P21	Auburn, AL, EUA	Auburn University

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da análise dos objetivos da pesquisa (Tabela 3), surgem várias questões; como por exemplo, se a logística de última milha do e-commerce tem relação com sustentabilidade, eficiência operacional e adoção de tecnologia. Isso inclui a procura por soluções seguras, a

realização de análises de impacto ambiental sobre compras online, a otimização de rotas de entrega e o exame de formas de cooperar com diferentes partes interessadas. O conjunto de objetivos acima aponta para a complexidade do assunto e uma importância crescente em relação à última milha do e-commerce. Isso mostra claramente que há uma necessidade séria de formas inovadoras e colaborativas de lidar com os desafios existentes e acompanhar as demandas dinâmicas do consumidor.

Tabela 3. Objetivos dos estudos

ID	Objetivos da Pesquisa
P1	Avaliar os resultados da transição para um framework CLMD na Região de Hanover, Alemanha, usando um modelo de simulação baseado em agentes. Comparar dois cenários de CLMD com as operações de entrega atuais para áreas rurais de baixa densidade e para a região de entrega inteira.
P2	Introduzir o método FullEX para avaliação da importância de critérios na seleção de couriers de LMD, incorporando opiniões de especialistas e considerando sua reputação determinada por grau de educação e experiência.
P3	Explorar opções de eficiência energética na realização de última milha e desenvolver proposições orientadoras para opções de realização de última milha energeticamente eficientes.
P4	Introduzir uma solução logística verde usando sincronização entre e-vans e e-cargo bikes.
P5	Propor uma abordagem de modelagem baseada em agentes espaciais para explorar diferentes cenários de logística de última milha para entregas de e-commerce, com foco em estratégias de consolidação usando pontos de coleta e entrega (CDPs).
P6	Analisar o uso de drones em entregas de última milha, focando em acessibilidade ao consumidor, economia de custos e sustentabilidade ambiental.
P7	Identificar necessidades para alcançar logística de última milha sustentável nas cidades.
P8	Explorar opções de entrega de última milha em relação à eficiência energética.
P9	Avaliar impactos das soluções de logística inteligente antes de sua implementação.
P10	Examinar a necessidade de revisar processos de armazenamento, triagem, embalagem e transporte para abordar a complexidade e sustentabilidade na logística de última milha.
P11	Desenvolver um modelo matemático para calcular os custos de diferentes setups de distribuição na última milha.
P12	Desenvolver um conjunto de ferramentas para explorar o potencial de sustentabilidade das estratégias de logística de última milha.
P13	Apresentar o projeto LogiSmile, que pilota um sistema de gestão de transporte para logística autônomo na última milha. E testar e melhorar a eficiência, segurança e sustentabilidade das entregas urbanas.
P14	Propor um método para recomendar janelas de tempo de entrega que sejam mutuamente benéficas para clientes e entregas, usando dados em tempo real e características dos clientes.
P15	Desenvolver um conjunto de ferramentas para explorar o potencial de sustentabilidade das estratégias de logística de última milha.
P16	Desenvolver um conjunto de ferramentas para explorar o potencial de sustentabilidade de estratégias de logística e distribuição de última milha, incluindo redes de distribuição centralizadas, descentralizadas e distribuídas baseadas em conceitos de logística colaborativa. Aplicar simulação de dinâmica de sistemas (SD) e auxílio à decisão multicritério (MCDA) para avaliar o desempenho sustentável dessas opções de canal de distribuição.
P17	Desenvolver uma metodologia de tomada de decisão multicritério com conjuntos difusos hesitantes duplos para avaliar soluções de LMD com zero emissão.
P18	Explorar a sustentabilidade da eletrificação da última milha através de 26 entrevistas com prestadores de serviços CEP, subcontratados e motoristas.
P19	Fornecer uma visão abrangente dos desafios econômicos, sociais e ambientais da sustentabilidade impostos pelo e-commerce na logística urbana.
P20	Analisar soluções de logística sustentável e inovadora para distribuição de última milha em cidades pequenas.
P21	Propor um modelo para operações combinadas de caminhão e drone que inclui tanto entregas quanto devoluções, visando melhorar a eficiência e sustentabilidade da entrega de última milha.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 4 resume algumas atividades/conceitos principais de sustentação em logística, quando faz referência aos artigos selecionados. A partir do final dos 21 artigos dedicados ao desenvolvimento de última milha, é possível argumentar que a maioria dos pesquisadores tentou encontrar uma solução que poderia melhorar a eficiência operacional, reduzindo os impactos ambientais associados a etapa crítica da cadeia de suprimentos. Foram encontrados artigos que tratam de temas que vão desde a redução de emissões até a eficiência energética e a otimização das rotas de abastecimento de rotas como formas de reduzir o impacto ambiental.

Tabela 4. Principais atividades/conceitos de sustentabilidade na logística de última milha discutidos

ID	Principais atividades/conceitos
P1	Investigação da eficácia de estratégias de entrega consolidada de última milha (CLMD) na melhoria da eficiência operacional e na redução do impacto ambiental na logística de última milha.
P2	Avaliação da importância de critérios na seleção de couriers de entrega de última milha usando a técnica subjetiva FulLEX.
P3	Eficiência energética na realização de última milha: Explorando opções e proposições orientadoras.
P4	Logística verde para entregas de última milha com e-vans e bicicletas elétricas.
P5	Exploração de estratégias de consolidação na logística de última milha para entregas de e-commerce usando simulação baseada em agentes.
P6	Aplicações de drones em entregas de última milha.
P7	Logística de última milha sustentável em cidades.
P8	Eficiência energética na entrega de última milha.
P9	Soluções de logística inteligente para transporte de mercadorias em áreas urbanas.
P10	Modelo hierárquico sustentável para a seleção de soluções de última milha em centros históricos.
P11	Modelagem de custos para transporte de última milha.
P12	Logística e distribuição de alimentos locais.
P13	Implementação e pilotagem do projeto LogiSmile.
P14	Cooperação de clientes na mitigação de restrições de tempo de entrega para entrega sustentável de última milha.
P15	Logística e distribuição de alimentos locais.
P16	Potencial de sustentabilidade de estratégias de logística e distribuição de última milha para produtos alimentícios locais.
P17	Avaliação de soluções de entrega de última milha com zero emissão para logística urbana sustentável.
P18	Investigação da sustentabilidade da eletrificação na última milha.
P19	Impacto do e-commerce na sustentabilidade da logística urbana.
P20	Logística urbana e serviços de courier, <i>express</i> , <i>parcel</i> (CEP).
P21	Integração de entregas e devoluções com caminhão/drone para logística sustentável de última milha.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os principais resultados dos artigos revisados são mostrados na Tabela 5. Os resultados do estudo de investigação logística de última milha, avaliados como cruciais foram a fase da cadeia de suprimentos e a sua influência nos custos totais e na satisfação do cliente. A tecnologia é identificada como a força importante para uma rede de fornecimento sustentável. Reduzindo o consumo de energia e usando soluções ecológicas durante o transporte, a eficiência será melhor. A partir dos modelos de otimização, destaca-se que se você pode fazer inovações e cooperações no setor de logística urbana, poderá reduzir custos e emissões.

Tabela 5. Principais resultados das pesquisas

ID	Principais resultados
P1	Demonstração de melhorias significativas na eficiência, com redução máxima de até 58,6% nos quilômetros totais percorridos e correspondente diminuição de até 44% nas emissões de CO2 através de estratégias CLMD.

P2	O método FulLEX classifica a entrega no prazo como o critério mais importante para a seleção sustentável de couriers de LMD. Análise comparativa com o método <i>Best-Worst Method</i> (BWM) confirma os resultados obtidos. Análises de sensibilidade demonstram a estabilidade do método FulLEX e justificam sua introdução.
P3	Análise da eficiência energética de seis opções distintas na realização de última milha, destacando a economia de energia ao consolidar o transporte até pontos de coleta próximos ao ponto de consumo com veículos comerciais de alta capacidade. Importância da proximidade entre domicílios privados e pontos de coleta para incentivar o uso de transporte público ou caminhadas pelos consumidores.
P4	Incentivar empresas de logística a adotar estratégias de emissão zero em zonas de tráfego restrito.
P5	Demonstração de que o cenário sem CDPs é o mais custoso e menos eficiente, com alto número de entregas fracassadas. Uso de bicicletas de carga em vez de vans implica custos elevados, mas benefícios significativos em termos de redução no consumo de energia. Maior eficiência logística alcançada no cenário com demanda duplicada, utilizando melhor os CDPs. Recomendação de incentivar o uso de CDPs em vez de aumentar seu número.
P6	Identificou lacunas na pesquisa atual, como a falta de explicações sobre como as entregas com drones aumentarão a acessibilidade ao consumidor
P7	Identificou barreiras e limitações para implementar políticas de LML sustentável.
P8	Propôs que mercadorias sejam levadas coletivamente até pontos de coleta próximos ao ponto de consumo.
P9	A simulação mostrou-se uma ferramenta valiosa para avaliar os impactos das soluções logísticas.
P10	Identificou lacunas significativas na pesquisa atual, como a falta de explicações sobre como as entregas com drones aumentarão a acessibilidade ao consumidor.
P11	Desenvolveu um modelo matemático para calcular os custos de diferentes configurações de distribuição na última milha em uma megacidade, demonstrando que envios diretos com veículos menores são mais eficientes para distâncias curtas e tamanhos de entrega pequenos.
P12	Abordagem abrangente da logística sustentável de última milha em cidades, incluindo perspectivas de todos os <i>stakeholders</i> e identificação de tendências na área. Destaque para soluções tecnológicas e organizacionais recentes, como IoT, veículos autônomos, <i>crowd-shipping</i> , <i>parcel lockers</i> , e análise de comportamento de e-consumidores.
P13	Sucesso na implementação de pilotos com veículos autônomos de entrega, como Ona e Pluto, em várias localidades, destacando-se Esplugues de Llobregat, parte da Área Metropolitana de Barcelona (AMB).
P14	Demonstração do aumento de fatores indicativos de entrega sustentável em mais de 60% através do engajamento cooperativo de clientes na recomendação de janelas de tempo de entrega mutuamente benéficas. Discussão sobre o projeto de serviço para geração de janelas de tempo de entrega mutuamente benéficas e o uso crescente de veículos elétricos (EVs) e veículo para rede (V2G).
P15	Integração de uma rede distribuída baseada em conceito de logística colaborativa mostrou ser a opção mais viável e sustentável.
P16	Destaca o papel significativo do setor de logística na inovação proativa de serviços para facilitar escolhas sustentáveis para o cliente.
P17	Demonstração da superioridade da metodologia DHF-CEBOM-SDNMARCOS em um estudo de caso com uma grande empresa de logística na Sérvia, recomendando veículos comerciais leves elétricos como a melhor solução de LMD.
P18	Estratégias de impulsiona a transição para veículos elétricos na entrega de última milha, aspectos ambientais e sociais são considerados secundários, destacando a necessidade contínua de pesquisa e apoio para alcançar uma eletrificação sustentável plena.
P19	Identificou lacunas significativas na pesquisa atual, como a falta de explicações sobre como as entregas com drones aumentarão a acessibilidade ao consumidor.
P20	Identificou que soluções de baixa emissão são necessárias para reduzir a pegada de carbono nas cidades.
P21	Demonstração de redução significativa no tempo total de serviço e tempo de viagem do caminhão em comparação com esquemas de entrega tradicionais e esquemas conhecidos de drone. Destaque para a melhoria na utilização dos drones e na sustentabilidade ambiental.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 3 apresenta uma nuvem de palavras que ajuda a visualizar as palavras-chaves mais frequentes mencionadas entre os 21 artigos. Estas palavras revelam os temas dos artigos e os pontos centrais tratados nos escritos sobre logística sustentável de última milha. A frequência mais alta é para "sustentabilidade", "logística de última milha", "tecnologia", "otimização", "impacto ambiental" e "inovações". Logo, mostra temas de discussão mais relevantes e recorrentes na investigação relacionada a LUM, fornecendo insights valiosos para trabalhos futuros.



Fonte: Dados da pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, realizou-se um estudo de escopo com o intuito de reunir informações e identificar o estado atual do conhecimento na área, abordando as pesquisas realizadas sobre sustentabilidade no processo logístico de última milha, no período de 2017 a 2024. Por meio de uma pesquisa da literatura, o propósito foi mapear os principais conceitos, esclarecer áreas de estudo e apontar lacunas no conhecimento.

Considerando os 21 artigos selecionados para compor a amostra da pesquisa, identificou-se que os principais temas abordados nas pesquisas incluem a redução de emissões, eficiência energética e otimização de rotas de entrega. Verificaram-se desafios, como o consumo de energia e a coordenação colaborativa. EUA, Itália e Alemanha, países com maior frequência de estudos no tema e a maioria das publicações foi feita em periódicos especializados na área.

A presente revisão de escopo constitui uma linha de base importante para pesquisas futuras, contribuindo para o fornecimento de insights valiosos para direcionar estudos mais amplos, como a realização de uma revisão sistemática da literatura sobre sustentabilidade na logística de última milha. Ainda, contribui para o âmbito empresarial ao apresentar preocupações atuais no campo da sustentabilidade no processo logístico de última milha.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a inclusão de novas palavras-chave como *energy efficiency*, de modo a enfatizar a necessidade de implementar estratégias e tecnologias que busquem diminuir o consumo de energia durante a logística de entrega de mercadorias, alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade e otimização. Além disso, é possível utilizar bases de dados adicionais para ampliar a compreensão sobre o tema e identificar novas oportunidades de avanço no campo da logística sustentável.

REFERÊNCIAS

- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Bates, O., Friday, A., Allen, J., Cherrett, T., McLeod, F., Bektas, T., Nguyen, T., Pieczyk, M., Piotrowska, M., Wise, S., & Davies, N. (2018). Transforming last-mile logistics: Opportunities for more sustainable

- deliveries. In *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 526). Montreal: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174100>
- Bienzeisler, L., Wage, O., & Friedrich, B. (2024). Cutting redundancy, slashing emissions: The role of consolidation for a sustainable last-mile delivery. In *Forum for Innovative Sustainable Transportation Systems (FISTS)* (pp. 26-28). Riverside: IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/FISTS60717.2024.10485542>
- Bonilla, M. A. M., Bouzon, M., & Pena-Montoya, C. C. (2024). Taxonomy of key practices for a sustainable last-mile logistics network in E-Retail: A comprehensive literature review. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100149>
- Bošković, S., et al. (2023). A new FULLX decision-making technique for criteria importance assessment: An application to the sustainable last-mile delivery courier selection. *IEEE Access*, 11, 1-15. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3339580>
- Bosona, T. (2020). Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. *Sustainability*, 12(21):8769, 1-20. <http://dx.doi.org/10.3390/su12218769>
- Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2020). Last-mile delivery concepts: A survey from an operational research perspective. *European Journal of Operational Research*, 287(3), 1013-1035. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8>
- Caggiani, L., Colovic, A., Principe, L. P., & Ottomaneli, M. (2021). A green logistics solution for last-mile deliveries considering e-vans and e-cargo bikes. *Transportation Research Procedia*, 52, 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.01.010>
- Calabrò, G., et al. (2023). A spatial agent-based model of e-commerce last-mile logistics towards a delivery-oriented development. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 21, 100895. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100895>
- Denzin, N. K. (2008). *Collecting and interpreting qualitative materials* (Vol. 3). Sage.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). *The Sage handbook of qualitative research*. Sage Publications.
- Ehmke, J. F., & Mattfeld, D. C. (2012). Vehicle routing for attended home delivery in city logistics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39, 622-632. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.135>
- Escursell, S., Llorach-Massana, P., & Roncero, M. B. (2021). Sustainability in e-commerce packaging: A review. *Journal of cleaner production*, 280, 124314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124314>
- Garg, V., et al. (2023). Drones in last-mile delivery: A systematic review on efficiency, accessibility, and sustainability. *Transportation Research Part D*, 123, 103831. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103831>
- Gonzalez, J. N., Garrido, L., & Vassallo, J. M. (2023). Exploring stakeholders' perspectives to improve the sustainability of last mile logistics for e-commerce in urban areas. *Research in Transportation Business & Management*, 49, 101005. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2023.101005>
- Halldórsson, Á., & Wehner, J. (2020). Last-mile logistics fulfillment: A framework for energy efficiency. *Research in Transportation Business & Management*, 37, 100481. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100481>
- Hesse, K. (1991). *A força normativa da Constituição (Die normative Kraft der Verfassung)*. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris Editor.
- Karakikes, I. & Nathanail, E. (2017). Simulation techniques for evaluating smart logistics solutions for sustainable urban distribution. *Procedia Engineering*, 178, 569-578. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.110>
- Kervenoael, R., Schwob, A., & Chandra, C. (2020). E-retailers and the engagement of delivery workers in urban last-mile delivery for sustainable logistics value creation: Leveraging legitimate concerns under time-based marketing promise. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 54, 102016. <https://doi.org/10.1016/j.iretconser.2019.102016>
- Kiba-Janiak, M., Marcinkowski, J., Jagoda, A., & Skowronska, A. (2021). Sustainable last mile delivery on e-commerce market in cities from the perspective of various stakeholders. Literature review. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102984. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102984>
- Kin, B., Spoor, J., Verlinde, S., Macharis, C., & Van Woensel, T. (2018). Modelling alternative distribution set-ups for fragmented last mile transport: Towards more efficient and sustainable urban freight transport. *Case Studies on Transport Policy*, 6, 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2017.11.009>
- Lauenstein, S., & Schank, C. (2022). Design of sustainable last mile in urban logistics - A systematic literature review. *Sustainability*, 14(9), 5501. <https://doi.org/10.3390/su14095501>
- Lemardelé, C., et al. (2023). The LogiSmile Project – Piloting autonomous vehicles for last-mile logistics in European cities. *Transportation Research Procedia*, 71, 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.073>
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science*, 5(69), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>
- Matsuda, Y., & Tanaka, K. (2022). Sustainable last mile delivery service design by exploring wider solution space in half-cooperative customers. In *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe* (pp. 978-1-6654-

- 8537-1). Piscataway: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854591>
- Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., & Spinler, S. (2020). Sustainability assessment of last-mile logistics and distribution strategies: The case of local food networks. *International Journal of Production Economics*, 228, 107746. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107746>
- Miguel, P. L. S. (2022). *A sustentabilidade na distribuição de última milha*. Mundo da Logística, 88.
- Peters, M. D., et al. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3), 141-146. <https://doi.org/10.1097/xeb.000000000000050>
- Peterson, J., Pearce, P.F., Ferguson, L.A., Langford, C.A. (2017). Understanding scoping reviews: Definition, purpose, and process. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 29 (1): 12-16. <https://doi.org/10.1002/2327-6924.12380>
- Pira, L. M., Nascimento, C. O. L., Giuffrida, N., Tapia, R. J., Talipa, R. J., Pilla, R., & Tavasszy, L. A. (2024). Innovations in last mile logistics: Towards inclusivity, resilience and sustainability. *Research in Transportation Economics*, 105, 101446. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2024.101446>
- Popper, K. R. (2004). *A lógica da pesquisa científica*. Editora Cultrix.
- Saha, A., Simic, V., Senapati, T., Dabic-Miletic, S., & Ala, A. (2023). A dual hesitant fuzzy sets-based methodology for advantage prioritization of zero-emission last-mile delivery solutions for sustainable city logistics. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 31(2), 407. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2022.3164053>
- Selter, J.-L., Schmitz, J., & Schramm-Klein, H. (2024). Sustainability assessment of last-mile electrification: A qualitative study in Germany. *Transportation Research Part D*, 126, 104019. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.104019>
- Silva, V., Amaral, A., & Fontes, T. (2023). Towards sustainable last-mile logistics: A decision-making model for complex urban contexts. *Sustainable Cities and Society*, 96, 104665. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104665>
- Toy, N., et al. (2020). The future of last-mile ecosystem. *World Economic Forum*. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-the-last-mile-ecosystem/>. Acesso em: 27/10/2024
- Viu-Roig, M., & Alvarez-Palau, E. J. (2020). The impact of E-Commerce-related last-mile logistics on cities: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(16), 6492. <https://doi.org/10.3390/su12166492>
- Weiss, C., & Onnen-Weber, U. (2019). The challenge of sustainable last mile distribution of CEP services in small towns. *Transportation Research Procedia*, 39, 597-604. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.061>
- Yanpirat, N., Silva, D. F., & Smith, A. E. (2023). Sustainable last mile parcel delivery and return service using drones. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 124, 106631. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106631>
- Zarei, M. M., Chaparro-Pelaez, J., & Agudo-Peregrina, A. F. (2020). Identifying consumer's last-mile logistics beliefs in omni-channel environment. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 33(1), 1796-1812. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1760914>