XXII SITRAER 2025
Simpósio de Transporte Aéreo

PANORAMA CIENTÍFICO SOBRE O USO DE DRONES NA ENTREGA DE ÚLTIMA MILHA

Jonathan de Souza Araújo, João Lucas da Silva Abreu, Victhor Brenno Farias de Oliveira Teixeira, Profª. Drª. Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga
Universidade Federal da Paraíba

sr.jonathansouza@gmail.com, joaol8905@gmail.com, victhor.brenno18@gmail.com, isabelle.yruska@academico.ufpb.br

PAPER ID: SITXXX

ABSTRACT

There is an increasing worldwide demand for faster deliveries, however, the traditional truck delivery method faces limitations in speed due to the road system. In this regard, the logistics industry has been researching the implementation of drones for last-mile deliveries, which can be described as the path from the warehouse to the final destination. With the use of drones, new challenges emerge, considering that this new method of delivery has limitations in payload and range, imposed by the batteries. This article aims to create a panorama for new research about the topic. To accomplish that, a bibliometric review was done using the RStudio environment with the *bibliometrix* package. The research yielded 125 articles, published between 2015 and 2025, latter some were selected using quantitative and qualitative criteria, such as most relevant authors and the most cited articles. The selected articles cover topics ranging from the search of optimal intermodal routing for deliveries with drones, trucks and bicycles, to the investigation of factors that influence the costumers choice for drone as a delivery method. The analysis concluded that China and the United States were the countries with the biggest scientific production on the subject. Furthermore, new gaps were identified which could be explored in future research, such as drone delivery regulation and the development of landing structures to receive the products.

Keywords: Drone, Delivery, Last mile, Application, UAV.

GENERATIVE AI USAGE STATEMENT

This research did not use generative AI.

PAPER ID: SITXXX

PANORAMA CIENTÍFICO SOBRE O USO DE DRONES NA ENTREGA DE ÚLTIMA MILHA

1 INTRODUÇÃO

Na era digital, os dados e informações são recebidos de forma praticamente instantânea, e isso traz um desafio para as empresas de logística de entrega, que precisam acompanhar essa tendência de demanda por entregas cada vez mais rápidas. O interesse pelas entregas com drones tem crescido nos últimos anos devido ao seu potencial de transformar o setor logístico, fazendo entregas de forma mais rápida, barata e eficiente (Filiopoulou et al., 2024). O uso de drones tem ganhado popularidade após grandes varejistas, como Amazon, Google, DHL e Walmart, anunciarem a utilização desse modal nos seus processos de entregas Segundo Yoo *et al.* (2018, *apud* Macrina *et al.,* 2020). Ao utilizar esse modelo, a expectativa é de reduzir o tempo de entrega e aumentar a eficiência dos sistemas logísticos (Moshref-Javadi e Winchenbach, 2021).

No modelo de entregas clássico em que a última milha é percorrida com um caminhão, mesmo utilizando as melhores estratégias de logística, nos contextos urbanos há uma importante limitação criada pela malha viária. Por outro lado, quando a entrega final ocorre integrada a drones, o fato deles poderem percorrer as rotas em linhas retas sem interferência ou restrição das ruas torna o sistema logístico mais eficiente (Freitas e Penna, 2019).

Com a utilização de drones como modal logístico, surgem uma série de desafios técnicos e operacionais, como o *Travelling Salesman Problem* (TSP), que consiste em encontrar a menor rota possível que passe por todos os pontos de entrega, sendo essencial no caso da logística para a diminuição de custos operacionais e promover a intermodalidade de maneira eficiente. O *Travelling Salesman Problem with Drone* (TSP-D) é uma extensão recente do TSP, no qual um caminhão trabalha em conjunto com um drone para servir a um grupo predefinido de clientes, com o objetivo de reduzir o tempo de entrega (Campuzano *et al.,* 2021).

Alguns autores, no entanto, sugerem que a ênfase atual em drones pode levar a falsas expectativas, e que o conceito de entrega com drones pode não passar no teste de viabilidade econômica (Aurambout *et al.,* 2019). Portanto, por ser uma forma relativamente nova de entrega, ainda é necessário investigar as situações em que esse modelo tem melhor desempenho. Em termos técnicos, drones são chamados de *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs) (Kirschstein, 2020), veículos aéreos não tripulados (VANTs) em tradução livre. O uso de VANTs traz uma série de restrições e considerações que não surgiram anteriormente na definição de rotas de entrega, como: vida útil limitada das baterias usadas pelos VANTs e a determinação dos pontos de encontro em que elas são substituídas por baterias carregadas (Gonzalez *et al.,* 2020). Além disso, mesmo sendo mais rápidos, os drones têm pequena capacidade de carga, por isso, diferente de caminhões que levam várias entregas simultaneamente, o drone, após cada entrega, deve voltar ao ponto de distribuição (Freitas e Penna, 2020).

A viabilização do uso dos drones exigiu avanços na tecnologia, uma vez que esse modal de transporte tem uma série de diferenças quando comparada a outras maneiras de entrega. Os VANTs podem ser controlados remotamente ou operar de forma autônoma, característica que gera vantagem econômica, pois reduz os custos associados à mão de obra para operar o equipamento. Além disso, os drones necessitam de tecnologias específicas para operar de maneira eficiente, um dos destaques é o uso em larga escala de *edge computing*, computação de borda em tradução livre, que traz um alto grau de automação para esses equipamentos.

Esse método é utilizado quando não há possibilidade de tratamento de dados na nuvem, especialmente quando é exigido um processamento com a coleta de dados de imagem em tempo real. Por fim, o *edge computing* acaba sendo essencial para que os drones consigam operar localmente, permitindo um retorno mais rápido de respostas e viabilizando a autonomia.

O número de pesquisas sobre essa temática cresceu nos últimos 10 anos, no entanto, ainda é um campo pouco explorado, sobretudo em razão da complexidade da aplicação logística desse novo modo de entrega. A pluralidade de modelos de cadeias logísticas impõe desafios específicos, exigindo soluções adaptadas a cada contexto. Além disso, por se tratar de uma tecnologia emergente, ainda há espaço para avanços tecnológicos e inovações na área. No Brasil, a situação é particularmente desafiadora, em razão das limitações do sistema logístico do país, agravada pela falta de infraestrutura e outros fatores como a desigualdade social, diversidade geográfica e impactos ambientais.

Este artigo tem como objetivo apresentar um panorama das tendências de pesquisa sobre a implementação de drones para a logística de entrega, buscando as diferentes formas em que esse conceito está sendo aplicado. Além disso, pretende-se identificar lacunas na pesquisa científica sobre a matéria. Para isso, realizou-se uma pesquisa bibliométrica, analisando os trabalhos de forma quantitativa, com o auxílio do software RStudio, no pacote gratuito *Bibliometrix*.

2 METODOLOGIA

O tema da pesquisa foi definido em razão da busca recente por serviços realizados por drones, delimitados à área logística e especificamente aos serviços de entrega de última milha, tendo como objetivo entender o panorama científico desse campo de pesquisa. Para alcançar esse objetivo, realizou-se uma revisão bibliométrica, uma metodologia de caráter quantitativo e qualitativo que examina retrospectivamente a produção científica, fornecendo um panorama sobre a influência e disseminação do conhecimento produzido (Celestino *et al.,* 2024).

A Figura 1 descreve o fluxo de pesquisa utilizado para organizar esta revisão bibliométrica, iniciando-se pela escolha da área de interesse, seguida da elaboração da estratégia de busca e da pesquisa nas bases de dados. Após a obtenção dos metadados de pesquisa, procedeu-se para o tratamento, visando extrair as imagens e gráficos utilizados ao longo do artigo, que serviram para a discussão dos resultados.

Figura 1 - Fluxo de trabalho da análise bibliométrica. Fonte: Autoral (2025).



Para a busca, foram utilizados como base de dados o *Scopus* e o *Web of Science* (WoS), por serem reconhecidas internacionalmente, além de possuírem um acervo amplo e de qualidade. Nesse sentido, foi realizada a construção das *strings* de busca, utilizando palavras-chave em língua inglesa relacionadas à área de pesquisa: "*last mile delivery*", "*urban delivery*", "*drone*", "*UAV*", "*feasibility*", "*economic viability*" e "*application*". As palavras-chave foram estruturadas com operadores booleanos AND e OR.

As buscas foram realizadas no dia 15 de julho de 2025, pesquisando a *string* de busca dentro do "título", "resumo" e "palavras-chave" dos resultados. A maioria das referências presentes no artigo provém da análise bibliométrica, com exceção do artigo Análise bibliométrica: revisão de literatura e proposta de framework metodológico em 12 passos (Celestino *et al.,* 2024) e do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94, que foram consultados fora do escopo inicial da pesquisa.

Na base de dados *Scopus,* os documentos incluídos foram artigos, revisões e artigos de conferência, por outro lado, na base de dados WoS foram incluídos apenas artigos e revisões. Após a extração dos metadados dos artigos, a análise foi realizada com o uso do pacote *bibliometrix* da linguagem de programação R, no ambiente RStudio (Celestino *et al.,* 2024). O pacote viabilizou a criação dos gráficos utilizados no corpo do artigo a partir dos metadados dos documentos

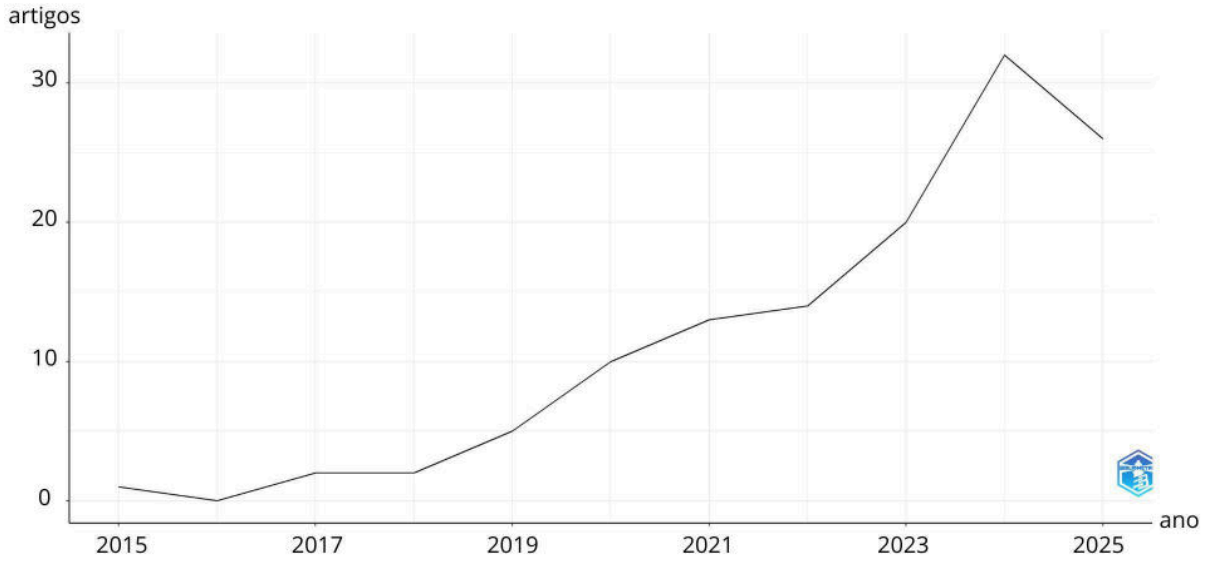
pesquisados.

Os trabalhos selecionados foram determinados por critérios quantitativos e qualitativos, como: (i) artigos mais citados; (ii) trabalhos que abordam o uso de drones aplicados à logística de entregas de última milha; (iii) textos em língua inglesa. O intervalo das publicações foi definido a partir do primeiro artigo encontrado na estratégia de busca, 2015, até o mais recente, 2025, sendo excluídos apenas os trabalhos acadêmicos duplicados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao final da coleta de dados nas bases *Scopus* e WoS, foram obtidos ao todo 156 documentos, dos quais 123 foram encontrados no *Scopus* e 33 no WoS. Após o processamento no RStudio, 33 artigos duplicados foram excluídos, restando ao final 125 documentos. Os documentos levantados foram publicados entre 2015 e 2025, demonstrando que o tema passou a ser desenvolvido em pesquisas recentes. O Gráfico 1 apresenta a produção científica ao longo desse período.

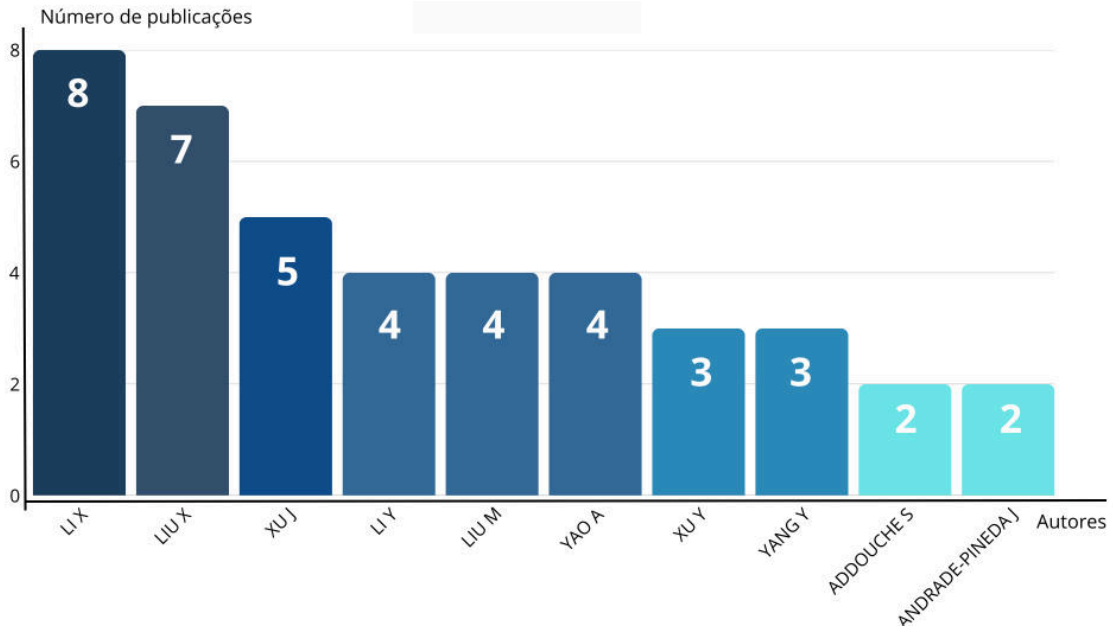
Gráfico 1 - Produção científica ao longo do tempo. Fonte: Autoral, a partir da análise de dados no *bibliometrix* (2025).



O artigo de Murray e Chu (2015) teve papel pioneiro ao propor dois modelos de programação que otimizam rotas de entrega envolvendo drones e caminhões, estabelecendo conexão logística entre esses dois modais, o *Flying Sidekick Travelling Salesman Problem* (FSTSP). Abrindo a discussão sobre o assunto, ainda que limitado a aplicabilidade de entrega conjunta apenas com os caminhões de entrega. Por outro lado, em 2024 houve um expressivo aumento nas pesquisas sobre o tema, com 32 artigos publicados, em contraste com apenas uma produção registrada em 2015.

Entre os artigos mais recentes, destaca-se o estudo de Tirkolaee *et al.* (2025), que introduz uma nova proposta de solução à logística intermodal, integrando drones, bicicletas elétricas e caminhões nos casos em que há emergências urbanas, como congestionamentos. O problema logístico foi resolvido através de um modelo de programação inteira mista, contudo, observa-se um problema quanto à escalabilidade do modelo, visto que sua aplicação foi feita com apenas 50 clientes, enquanto escalas reais são maiores e mais complexas. O estudo concluiu que o novo modelo tem ganhos expressivos em tempo de entrega e evidencia a evolução do tema em dez anos, ao comparar o trabalho de Murray e Chu (2015) e a demanda crescente por novos métodos de entrega no contexto urbano que sejam mais sustentáveis e possam contornar as restrições de tráfego.

Gráfico 2 - Autores mais relevantes. Fonte: Autoral, a partir da análise de dados no *bibliometrix* (2025).



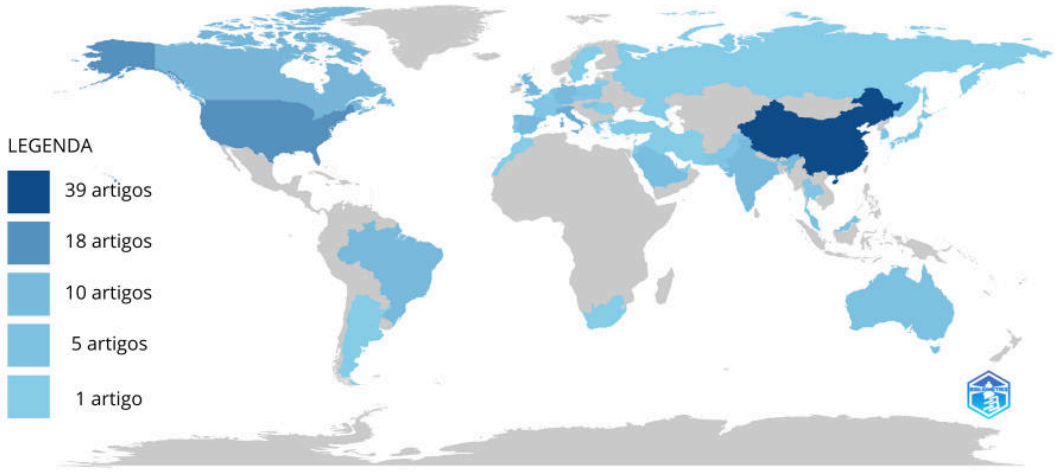
O Gráfico 2 permite realizar a análise dos autores mais relevantes na pesquisa do uso de drones como método de entrega de última milha. Entre estes autores destaca-se Li X, com 8 publicações entre 2021 e 2024, representando o maior número de documentos publicados por autor nessa amostra. Li X tem sua primeira produção sobre o tema em 2021, com um artigo que propõe um algoritmo de escalonamento paralelo de tarefas computacionais realizadas por drones durante as entregas, utilizando vários servidores de borda, próximos aos drones, atuando colaborativamente para processar atividades que exigem alto desempenho, como aquelas que fazem uso de inteligência artificial. Essa abordagem busca reduzir o tempo de resposta entre as comunicações.

Além das contribuições chinesas, destaca-se Pineda, pesquisador espanhol, que contribuiu com duas publicações em colaboração com outros autores, sendo a mais recente de 2024 propondo um algoritmo que busca encontrar as rotas mais eficientes de entregas com drone e caminhão. O trabalho se diferencia ao considerar um cenário de drones com maior autonomia de energia e fazendo várias entregas por viagem, o modelo ainda oferece a possibilidade de escolher rotas que priorizem menor tempo de entrega ou custo ambiental.

No Brasil, ainda são escassas as publicações sobre a temática, o que evidencia um campo de pesquisa pouco explorado diante das particularidades nacionais. Nesse contexto, Freitas e Penna (2020) apresentam contribuição relevante ao propor a intermodalidade entre drones e caminhões por meio do *Flying Sidekick Traveling Salesman Problem* (FSTSP). A estratégia parte da definição da melhor rota para o caminhão, aproveitando-se de sua maior capacidade de carga, enquanto os drones, pela maior velocidade, assumem determinados trechos da entrega. Após a construção da heurística inicial, parte do trajeto originalmente percorrido pelo caminhão é substituído por entregas realizadas com drones, resultando em significativa redução no tempo total e nos custos logísticos urbanos.

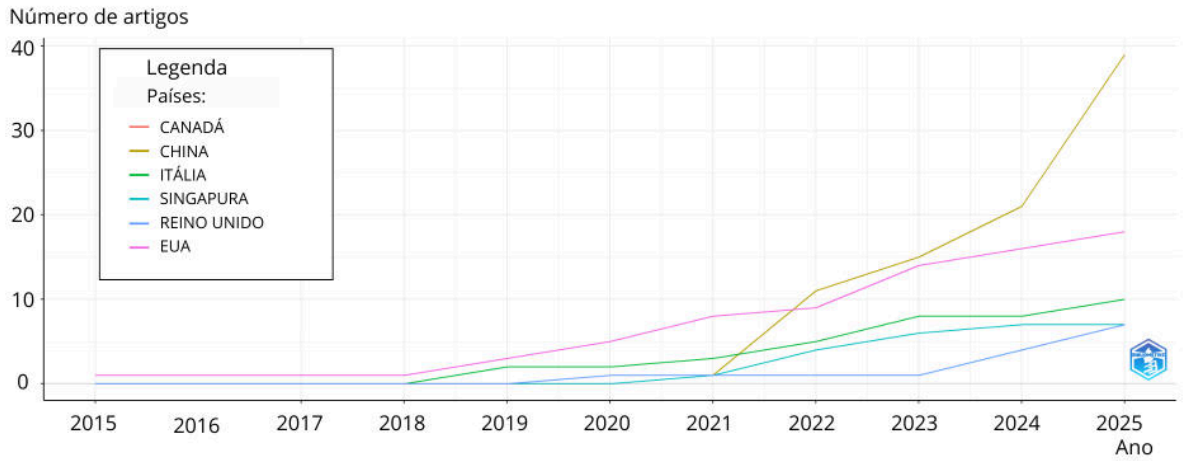
Todavia, o modelo proposto apresenta limitações importantes, pois restringe-se ao cenário de apenas um caminhão e um drone, não incorporando a possibilidade de múltiplos veículos, e desconsidera fatores críticos relacionados à legislação brasileira sobre voos de drones em áreas urbanas, aspecto que pode impactar diretamente sua aplicabilidade prática.

Figura 2 - Produção científica por país. Fonte: Autoral, a partir da análise de dados no *bibliometrix* (2025).



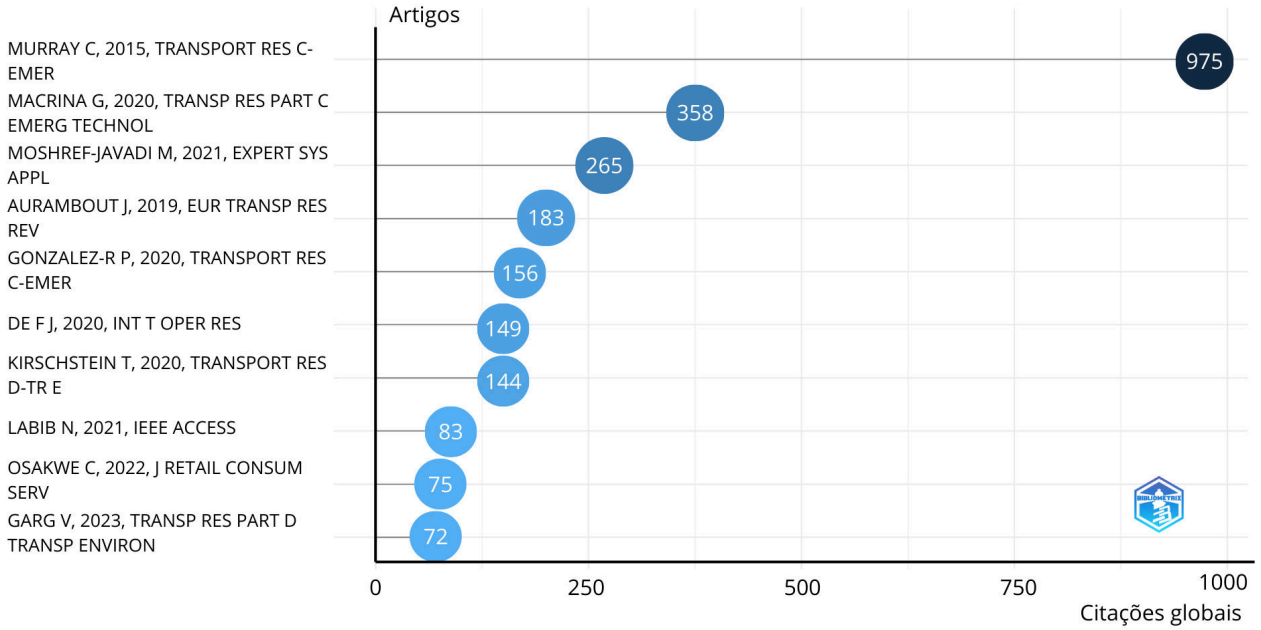
De acordo com a Figura 2 observa-se que a China lidera o *ranking* com 39 publicações, seguido dos Estados Unidos com 18 publicações, que os consolida como os mais interessados em pesquisar maneiras de otimizar o transporte de cargas. A China é o principal centro de colaboração de pesquisas, totalizando 14 colaborações, embora a maioria aconteça uma única vez, os dois países com mais publicações também são os com mais colaborações conjuntas, apenas 2. Se houvesse mais colaborações entre os dois países, as diferentes perspectivas poderiam contribuir para o avanço das pesquisas na área. O Brasil está classificado em sétimo lugar com 6 publicações, das quais nenhuma contou com colaborações, esse dado indica que, mesmo possuindo dimensões continentais, o país ainda carece de mais pesquisas que ampliem a capilaridade logística dos sistemas de entregas nacionais, além de perder a oportunidade de compartilhar suas particularidades com outros países.

Gráfico 3 - Produção dos países ao longo do tempo. Fonte: Autoral, a partir da análise de dados no *bibliometrix* (2025).



A partir do Gráfico 3 observa-se que, a partir de 2021, a China intensificou as pesquisas sobre o assunto, partindo de apenas um documento publicado em 2021 para 11 publicações em 2022. Tal comportamento pode estar relacionado à pandemia de COVID-19, período no qual se intensificou o comércio *online* e a necessidade de entregas com biossegurança. Esse valor também demonstra o interesse do país em inovações no sistema de transporte e logística.

Gráfico 4 - Documentos mais citados globalmente. Fonte: Autoral, a partir da análise de dados no *bibliometrix* (2025).



De acordo com o Gráfico 4, destaca-se novamente o trabalho de Murray e Chu (2015), com 975 citações, evidenciando sua relevância para os estudos na área. Por ter sido pioneiro na resolução da problemática da intermodalidade na entrega com caminhão e drone, entende-se que o artigo se consolidou como referência para os outros diversos trabalhos que também exploraram o tema.

Em terceiro lugar está o trabalho de Moshref-Javadi e Winchenbach (2021) com 265 citações. Trata-se também de um artigo de revisão, utilizando porém outra abordagem: a classificação dos artigos de acordo com o uso de drones para varejo, serviço postal, entrega de alimentos, saúde e serviços de emergência.

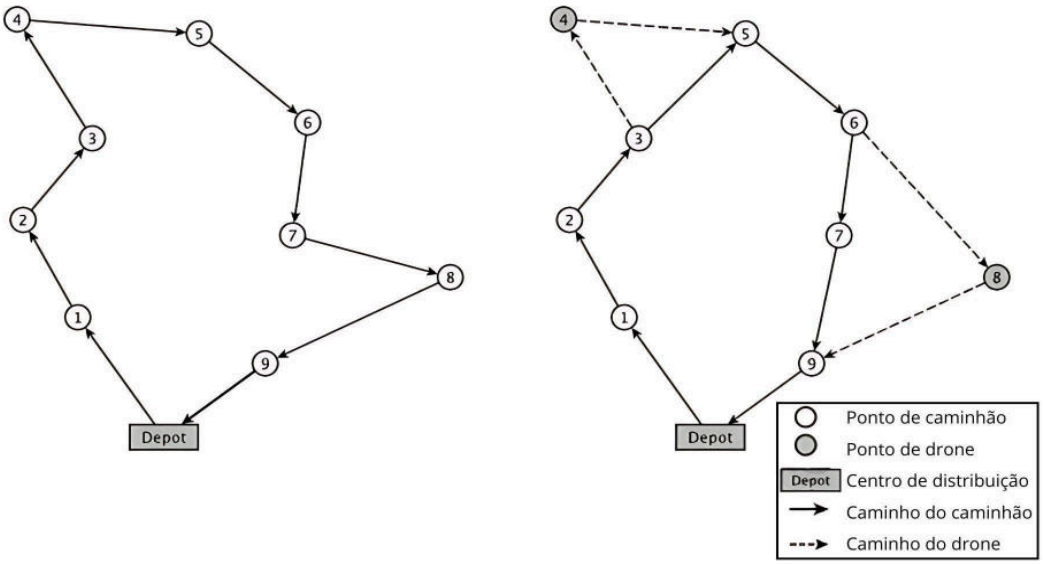
Aurambout *et al.* (2019) acumula 183 citações e busca estudar a viabilidade econômica das entregas com drones no contexto europeu, principalmente em áreas de grande densidade populacional. Além disso, também são investigados locais que têm o potencial para a implementação de *drone-beehives,* definido como uma base de drones. Esse artigo é importante ao explorar a implementação em outro contexto geográfico fora dos Estados Unidos e China que são as regiões que mais possuem pesquisas sobre o assunto.

Gonzalez *et al.* (2020) contabiliza 156 citações e também propõe um modelo que busca resolver o problema logístico da integração entre caminhões e drones. Neste modelo, o caminhão atua como base móvel para o drone, servindo como ponto de troca da bateria, enquanto o drone faz diversas entregas por voo. Para isso, é proposto um modelo de algoritmo heurístico iterativo, que altera repetidas vezes as rotas feitas pelo caminhão e o drone para encontrar a solução com o melhor desempenho.

O trabalho de Freitas e Penna (2020) tem 149 citações e trata de uma variante do TSP, o Flying Sidekick Travelling Salesman Problem (FSTSP), proposta inicialmente por Murray e Chu (2015), no qual uma rota realizada por drone tem 3 nós: decolagem, visita ao lugar de entrega e retorno ao caminhão (Figura 3).

Essa logística é viabilizada pelo fato do drone viajar em linha reta, independentemente das restrições impostas pela malha viária, o que possibilita um tempo de viagem menor em comparação à rota do caminhão. Como avanço em relação ao estudo original, Freitas e Penna (2020) propuseram um modelo de programação inteira mista, com o objetivo de encontrar a solução mais otimizada. Dessa forma, expandiu o modelo de Murray e Chu, que tinha abordagem mais matemática e conceitual.

Figura 3 - Diferença de rota entre a entrega com caminhão e o FSTSP. Fonte: Adaptado, Freitas e Penna (2020).



Kirschstein (2020) traz outra perspectiva de análise no seu artigo, que conta com 144 citações, ao realizar uma análise comparativa de demanda energética e emissões de CO_2 nos serviços de entrega com drone, caminhões a diesel e caminhões elétricos. A análise foi realizada através de um modelo computacional, utilizando como local de simulação a cidade de Berlim, com todos os veículos iniciando e terminando no mesmo depósito. No entanto, a análise é limitada por não considerar custos operacionais relevantes, como manutenção de frota, infraestrutura de recarga ou abastecimento e substituição de baterias.

O estudo concluiu que fazer as entregas apenas com drones é menos vantajoso comparado aos outros veículos, principalmente em grandes centros urbanos e em condições climáticas desfavoráveis. Os caminhões elétricos tiveram melhor performance no contexto urbano, tendo menor consumo energético e emissão de CO_2. Esse artigo constata que a realização de entregas exclusivamente com drones não é a melhor opção do ponto de vista sustentável, e destaca a relevância de outros artigos que buscam formas multimodais de integrar drones à logística de entrega.

Osakwe *et al.* (2022) tiveram 75 citações. Em seu artigo, investigam os fatores que influenciam a intenção dos consumidores em implantar drones para entregas de última milha, através da teoria cognitiva social. O estudo utilizou como público o europeu da geração *millennial*, ou seja, consumidores nascidos entre meados de 1981 e 1996. A pesquisa teve como contribuição o entendimento de que, para atrair a intenção dos consumidores, as empresas de logística devem mostrar os benefícios esperados pelo serviço, fazer o uso parecer fácil e prático, além de estimular não apenas o racional, mas também o desejo emocional. Entretanto, nota-se uma generalização e uma faixa etária muito restrita do estudo.

Dentro da amostra não foram localizadas referências às normativas adotadas no âmbito global, sendo responsabilidade nacional a regulamentação dos sistemas de aeronaves não tripuladas. Também nas pesquisas brasileiras não foram detectadas referências às legislações específicas sobre a matéria, ainda que no Brasil a operação de VANTs esteja atualmente regulamentada pelo RBAC-E nº 94 da ANAC, dependendo de autorizações do DECEA para o uso do espaço aéreo e da ANATEL para o uso de radiofrequências. Este regulamento especial estabelece diretrizes gerais que, embora não detalhem especificamente o transporte de cargas, permitem a atividade de entrega de encomendas de forma genérica quando realizada sob os critérios de segurança prioritários da operação VLOS (com contato visual direto do operador), vedando expressamente o transporte da maioria dos artigos perigosos.

Em 2025, foi submetida à consulta pública a minuta do RBAC nº 100, que propõe a substituição do RBAC-E nº 94, para tornar-se um regulamento permanente. Seu caráter inovador está na adoção de uma abordagem baseada em risco, destinada a regulamentar operações mais complexas, como a entrega de última milha, ao estruturar a prática em categorias (Aberta, Específica e Certificada), criar um cadastro formal para operadores (COE - Cadastro de Operador de UA) e estabelecer regras claras até mesmo para o transporte de alguns artigos perigosos, mediante aprovação da ANAC. Este avanço demonstra que a evolução tecnológica e a pesquisa científica necessitam estar em constante alinhamento com a legislação para garantir a segurança e a viabilidade das operações.

4 CONCLUSÃO

O uso de drones para entregas de última milha é uma inovação promissora para a logística, principalmente quando considerado o atual crescimento da demanda por entregas rápidas. A análise bibliométrica permitiu observar o avanço significativo das pesquisas na área, principalmente nos últimos 5 anos, mostrando que além do aumento notável de publicações, também ocorreu diversidade metodológica sobre a temática. A análise dos resultados identificou autores que tinham abordagens diferentes, mas com o mesmo objetivo de encontrar maneiras de otimizar esse modal de transporte, seja por meio da intermodalidade entre caminhões e drones ou ainda adicionando bicicletas elétricas nesse processo de entrega.

O estudo também aponta a liderança da China e Estados Unidos em número de pesquisas, sendo os principais polos em que o tópico é debatido no mundo. Em contrapartida, no Brasil existem apenas 6 trabalhos publicados nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, representando desafios para o avanço científico e a aplicação desse modo nas peculiaridades da logística brasileira. O estudo mostra também que apesar do drone apresentar algumas vantagens operacionais, comparado a outros modos de entrega, ainda há barreiras significativas para implementação plena como limitações na tecnologia de automação, limitação de carga, pequena autonomia e ausência de infraestrutura avançada para a interceptação, além de problemas ambientais que podem ser desencadeados.

O contínuo avanço tecnológico na área, apesar dos entraves, como o desenvolvimento de sensores, algoritmos e inteligência artificial integrada, juntamente com os estudos econômicos e sociais, tende a se consolidar no futuro, como parte integrante de cadeias logísticas mais adaptáveis às novas exigências urbanas.

A análise dos dados levantados na revisão bibliométrica permitiu identificar lacunas que podem ser estudadas em pesquisas futuras, como: desenvolvimento de infraestruturas para o recebimento de mercadorias e a ausência de uma ligação com as normas vigentes. Portanto, sugerem-se mais estudos sobre a temática, sobretudo dentro do Brasil, além da investigação do desempenho com outras combinações modais, podendo contribuir para o amadurecimento do campo e superação dos desafios atuais. Torna-se relevante também realizar buscas em bases de teses e dissertações, bem como no Google Acadêmico, com o intuito de verificar pesquisas realizadas no Brasil e aplicar novas métricas e técnicas avançadas de análise, ampliando a aplicabilidade e a profundidade das análises bibliométricas.

5 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Aviação Civil. RBAC-E nº 94 — Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial, dez. 2017. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94

Aurambout, J. P.; Gkoumas, K.; Ciuffo, B. Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. European Transport Research Review, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 183, 2019.

Campuzano, G.; Lalla-Ruiz, E.; Mes, M. A Multi-start VNS Algorithm for the TSP-D with Energy Constraints. In: Voß, S. (ed.). Computational Logistics: 12th International Conference, ICCL 2021, Enschede, The Netherlands, 2021, Proceedings. Cham: Springer, 2021. v. 13004 (Lecture Notes in Computer Science), p. 393–409. doi: 10.1007/978-3-030-87672-2_26.

Celestino, M. S.; Belluzzo, R. C. B.; Albino, J. P.; Valente, V. C. P. N. Análise bibliométrica: revisão de literatura e proposta de framework metodológico em 12 passos. Revista Aracê, São José dos Pinhais, v. 6, n. 4, p. 13421–13446, 10 dez. 2024. doi: https://doi.org/10.56238/arev6n4-146.

De Freitas, J. C.; Vaz Penna, P. H. A variable neighborhood search for flying sidekick traveling salesman problem. International Transactions in Operational Research, v. 27, n. 1, p. 149–167, 2020. doi: https://doi.org/10.1111/itor.12671

Filiopoulou, E.; Bardaki, C.; Nikolaidou, M.; Michalakelis, C. Drone-as-a-Service for last-mile delivery: evidence of economic viability. Economic Analysis and Policy, v. 78, art. 100398, fev. 2025. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2025.100398

Gonzalez-R, P. L.; Canca, D.; Andrade-Pineda, J. L.; Calle, M.; Leon-Blanco, J. M. Truck-drone team logistics: a heuristic approach to multi-drop route planning. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 114, p. 657–680, mar. 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.02.030

Gonzalez-R, P. L.; Sanchez-Wells, D.; Andrade-Pineda, J. L. A bi-criteria approach to the truck-multidrone routing problem. Expert Systems with Applications, [S.l.], v. 243, p. 122809, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122809

Kirschstein, T. Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 78, p. 1–14, 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.102209

Liu, X.; Dong, X.; Jia, N.; Zhao, W. Federated learning-oriented edge computing framework for the IIoT. Sensors, Basel, v. 24, n. 13, p. 4182, 2024. doi: https://doi.org/10.3390/s24134182

Macrina, G.; Pugliese, L. D. P.; Guerriero, F.; Laporte, G. Drone-aided routing: a literature review. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 120, art. 102762, nov. 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102762

Moshref-Javadi, M.; Winkenbach, M. Applications and research avenues for drone-based models in logistics: a classification and review. Expert Systems with Applications, v. 177, art. 114854, set. 2021. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114854

Murray, C. C.; Chu, A. G. The flying sidekick traveling salesman problem: optimization of drone-assisted parcel delivery. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 54, p. 86–109, maio 2015. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.005

Osakwe, C. N. et al. Critical factors characterizing consumers's intentions to use drones for last-mile delivery: does delivery risk matter? Journal of Retailing and Consumer Services, v. 65, 2022. doi:https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102865

Tirkolaee, E. B.; Cakmak, E.; Karadayi-Usta, S. Traveling salesman problem with drone and bicycle: multimodal last-mile e-mobility. Internacional Transactions in Operational Research, Hoboken, v. 32, n. 6, p. 1–8, 2025. doi:https://doi.org/10.1111/itor.13452