

**Universidade de Pernambuco**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação**  
**(PPGEC)**

**Proposta de Dissertação de Mestrado**

Área: Inteligência Computacional

Título Utilização de algoritmos de otimização para gestão de rotas de uma frota de eVTOLs logísticos com o objetivo de obter uma malha aérea resiliente minimizando a emissão de carbono e custo operacional

Orientador: Daniel Augusto Ribeiro Chaves (darc@ecomppoli.br)

O crescimento do comércio eletrônico e a necessidade de soluções logísticas sustentáveis impulsionaram a busca por alternativas ao transporte terrestre convencional (ALARCÓN et al., 2023). Veículos elétricos de decolagem e pouso vertical (eVTOLs, do inglês *electric Vertical Take-Off and Landing*) emergem como uma promessa para o transporte aéreo urbano, oferecendo agilidade e reduzindo as emissões de carbono associadas (RAMSHANKAR et al., 2023). Contudo, a gestão eficiente das rotas dessa frota apresenta desafios significativos, dado que exige soluções que equilibram múltiplos objetivos, como minimização do tempo de entrega, gasto energético e custo operacional (CHIANG, 2024). A complexidade do problema é exacerbada pela necessidade de resiliência em malhas aéreas, considerando fatores como mudanças climáticas, falhas operacionais e demandas variáveis, o que complica ainda mais a otimização das rotas (ILIN et al., 2023). Nesse contexto, a aplicação de técnicas de otimização multiobjetiva e aprendizagem por reforço pode fornecer soluções inovadoras, alavancando avanços computacionais para atender a tais requisitos de forma eficaz.

O problema em questão envolve a gestão de rotas de uma frota de eVTOLs logísticos visando otimizar simultaneamente três funções de custo: (a) tempo de entrega, (b) energia gasta na entrega e (c) uma função composta do produto das duas métricas anteriores. Além disso, o sistema deve considerar a resiliência da malha aérea, garantindo robustez diante de perturbações, e reduzir as emissões de carbono e os custos operacionais. A resolução desse problema é altamente desafiadora devido à natureza dinâmica do ambiente aéreo, à interação entre múltiplos objetivos e às restrições operacionais, como limitações de autonomia dos veículos, capacidade de carga e rotas seguras. Há ainda a necessidade de equilibrar o compromisso entre tempo de entrega e consumo de energia (ILIN et al., 2023).

Este trabalho propõe desenvolver e avaliar métodos baseados em otimização multiobjetiva e aprendizagem por reforço para resolver o problema de gestão de rotas para eVTOLs logísticos. A otimização multiobjetiva permite abordar as múltiplas funções de custo simultaneamente, fornecendo um conjunto de soluções Pareto-ótimas que equilibram os *trade-offs* entre os diferentes objetivos. Já a aprendizagem por reforço, com seu enfoque em aprendizado dinâmico e adaptação, pode ser aplicada para explorar políticas de roteamento em tempo real, especialmente em cenários de incerteza (CHIANG, 2024).

Este estudo pretende contribuir para o campo emergente de logística sustentável aérea, fornecendo ferramentas computacionais avançadas para a gestão eficiente de rotas de eVTOLs. O desenvolvimento de uma malha aérea resiliente e sustentável pode acelerar a transição para um transporte urbano mais verde e eficiente, alinhando-se às metas globais de redução de emissões de carbono (YASIR et al., 2024).

#### Referências

ALARCÓN, F. E.; MAC CAWLEY, A.; SAUMA, E. Electric mobility toward sustainable cities and road-freight logistics: A systematic review and future research directions. *Journal of Cleaner Production*, v. 430, p. 138959, 2023. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138959.

CHIANG, K.-L. Delivering goods sustainably: A fuzzy nonlinear multi-objective programming approach for e-commerce logistics in Taiwan. *Sustainability*, v. 16, n. 13, p. 5720, 2024. DOI: 10.3390/su16135720.

ILIN, V.; VELIČKOVIĆ, M.; GARUNOVIĆ, N.; SIMIĆ, D. Last-mile delivery with electric vehicles, unmanned aerial vehicles, and e-scooters and e-bikes. *Journal of Road and Traffic Engineering*, v. 69, n. 4, p. 37-42, 2023. DOI: 10.31075/PIS.69.04.05.

RAMSHANKAR, A. T.; DESAI, A. G.; DE LA VILLARMOIS, J. A.; BOZEMAN III, J. F. Sustainability analysis of overhead cable line powered freight trucks: A life cycle impact and techno-economic assessment toward transport electrification. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, v. 3, n. 1, p. 015010, 2023. DOI: 10.1088/2634-4505/acc273.

YASIR, K.; SHEN, J.; LIN, J. Sustainable logistics: Synergizing passive design and PV–battery systems for carbon footprint reduction. *Buildings*, v. 14, n. 3257, 2024. DOI: 10.3390/buildings14103257.