

PROPOSIÇÃO E ANÁLISE DE MALHA DE VOO PARA EVTOLS NA GRANDE FLORIANÓPOLIS E MESORREGIÕES ADJACENTES

Artur Vinícius Ilha Zimmermann

Prof. Dr. Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini

Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP)

arturviniciusilha@usp.br

Objetivos

Tenciona-se, por meio deste projeto, propor e avaliar uma malha de voo para circulação de veículos aéreos elétricos de decolagem e pouso vertical (eVTOLs) no estado de Santa Catarina, mais especificamente na região da Grande Florianópolis e em suas mesorregiões adjacentes, conforme estudos já conduzidos para outras áreas for a do Brasil. [1] O estudo busca avaliar como diferentes formas de ligação entre pontos de interesse impactam em termos de distância, tempo e custo quando comparados com o transporte terrestre. Busca-se, também, a identificação de diferentes parâmetros que influenciam nos resultados pretendidos de modo a verificar: (i) como cada parâmetro influencia na dinâmica das redes estudadas e (ii) quais das redes propostas no projeto conduzem a otimização das funções objetivo estabelecidas.

Métodos e Procedimentos

No escopo da Teoria dos Grafos, escolheu-se a metodologia de localização e seleção de *hubs* para abordar a problemática proposta, devido a sua adequação à natureza do problema. [2] [3] Inicialmente, foi realizado um levantamento de pontos (aeroportos, aeródromos, helipontos, condomínios, edifícios corporativos, zonas industriais, shoppings e hotéis) candidatos a atuarem como nós das redes propostas. Em seguida, diferentes configurações preliminares

de ligações entre os pontos foram propostas visando: (i) a minimização da distância das rotas e (ii) a construção de uma rede com viés prático/mercadológico. As redes preliminares foram examinadas do ponto de vista de restrições tecnológicas e operacionais dos veículos eVTOL, sendo redesenhadas para atender estes critérios. Foram estabelecidas três funções objetivo a fim de desenvolver um quadro comparativo entre as redes propostas e o modo de transporte terrestre. A função razão de distância (Eq. 1) expressa, simplesmente, a razão entre as distâncias ao se percorrer um caminho de um nó a outro pela rota aérea usando ou pela rota rodoviária.

$$RD = \frac{d_{eVTOL}}{d_{terr.}} \quad (1)$$

A função razão de tempo (Eq. 2) é análoga da razão de distância para o tempo.

$$RT = \frac{t_{eVTOL}}{t_{terr.}} \quad (2)$$

A função custo-hora (Eq. 3) é expressa pela diferença entre os custos dos modais de transporte sobre a diferença entre os tempos deles. Pode-se entendê-la como um valor por hora mínimo associado ao tempo do usuário para que valha a pena realizar determinado caminho utilizando-se um veículo eVTOL ao invés de um veículo terrestre (carro).

$$CH = \frac{C_{eVTOL} - C_{terr.}}{t_{terr.} - t_{eVTOL}} \quad (3)$$

A distância considerada para o veículo eVTOL foi a distância em linha reta entre os nós acrescida de um fator de 20%. Já o tempo de deslocamento para a rota foi considerado como sendo a soma do: (i) tempo de decolagem e pouso -- 240 s; (ii) tempo de processamento nos vertiportos (sujeito a análise de sensibilidade); e (iii) tempo necessário para percorrer a distância da rota à velocidade de cruzeiro (190 km/h). As distâncias e os tempos de deslocamento por carro foram obtidos pelo software *Google Maps*. Por fim, como última etapa do projeto, foi desenvolvida uma análise de sensibilidade das redes propostas em relação aos seguintes parâmetros: (i) nível de congestionamento das rotas terrestres; (ii) tempo de processamento nos vertiportos e (iii) custo por quilômetro do deslocamento aéreo.

Resultados

A análise de sensibilidade em relação ao nível de congestionamento das rotas terrestres e ao tempo de processamento nos vertiportos mostrou que esses são fatores determinantes nas funções objetivo RT e CH, especialmente para rotas de menor distância (Figura 1). A variação do custo por quilômetro do eVTOL mostrou impactar de maneira praticamente linear a função objetivo CH. As redes propostas visando a minimização das distâncias e a orientada por um viés prático/mercadológico apresentaram algumas características similares: entre as 30 melhores rotas diretas, para ambas as redes, a distância média se situou entre 30 a 75 km. Neste mesmo grupo de rotas, o CH médio da rede de propósito prático foi de 871 R\$/h, enquanto o da rede minimizadora de distâncias foi de 959 R\$/h. As redes revelaram resultados próximos para as funções RD e RT, nesse grupo de rotas. No que se refere a análise por região, a região da Grande Florianópolis apresentou o melhor resultado para RD com 0.684 de média. Em termos de RT, as rotas inter-regionais apresentaram o melhor resultado

médio – 0.411. Já o Vale do Itajaí apresentou o melhor CH médio com 994 R\$/h. Hotéis e condomínios foram o caso de uso com melhores resultados para RD e CH, 0.679 e 873 R\$/h, respectivamente. Os aeroportos tiveram o melhor desempenho de RT entre os casos de uso estudados, com 0.422.

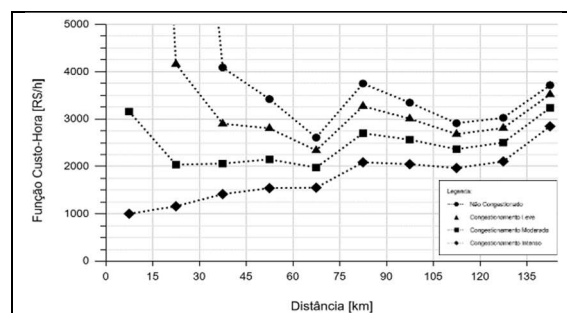


Figura 1: Impacto do nível de congestionamento na função CH para rede de propósito prático.

Conclusões

Infer-se das análises realizadas que o estado de Santa Catarina pode se beneficiar de maneira significativa da implementação de sistemas de transporte eVTOL nas próximas décadas, especialmente no que tange ao transporte inter-regional entre as mesorregiões estudadas e no ecossistema turístico local, destacando-se as mesorregiões da Grande Florianópolis e do Vale do Itajaí.

Referências

- [1] KO Ploetner, *et al.* Long-term application potential of urban air mobility complementing public transport: an Upper Bavaria example. *CEAS aeronautical journal*. 2020.
- [2] Morton O'Kelly and Harvey Miller. *The hub network design problem—a review and synthesis*. *Journal of Transport Geography*, 2:31–40, 03 1994.
- [3] Deborah Bryan and Morton O'Kelly. *Hub-and-spoke networks in air transportation: An analytical review*. *Journal of Regional Science*. 39:275 – 295, 12 2002.