
CAPACIDADE DA INFRAESTRUTURA TERRESTRE PARA MOBILIDADE AÉREA URBANA (UAM VERTIPOINT): A PAPER REVIEW

Rodrigo Pintus Gonçalves da Costa*, Marcelo Xavier Guterres, Mayara Condé Rocha Murça,
Anderson Ribeiro Correia

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica (PG-EIA)

* **Corresponding author e-mail address:** rodrigopgc@icloud.com

PAPER ID: SIT134

RESUMO

Nos últimos 50 anos, o congestionamento do tráfego aumentou significativamente nas áreas metropolitanas (Mondschein et al, 2017) principalmente, devido ao crescimento populacional e sua concentração nas grandes cidades (Fadhil, 2018). Com o surgimento dos veículos elétricos de decolagem e pouso vertical - eVTOL e seu objetivo de amenizar o problema da mobilidade urbana de forma sustentável e acessível, a empresa Uber lançou em 2016 um whitepaper denominado Uber Elevate e organizou eventos internacionais, promovendo o desenvolvimento da nova indústria denominada Mobilidade Aérea Urbana – UAM, alegando ainda que o desafio operacional mais significativo da implementação da UAM é a deficiência da Infraestrutura Terrestre. Atualmente, apenas alguns estudos se concentram nos requisitos de infraestrutura terrestre para eVTOL (Alexander et al., 2017; Seeley, 2017a; Vascik et al., 2017; Antcliff et al., 2016). Por esta razão, este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise e discussão bibliográfica publicada criteriosamente selecionada, especificamente sobre o tema capacidade para a Infraestrutura Terrestre em UAM, a fim de subsidiar trabalhos futuros pela comunidade científica de transporte aéreo.

Keywords: UAM, eVTOL, TOLA, TLOF, VERTIPOINT, VERTISTOP, VERTIHUB.

Nomenclaturas

A lista a seguir descreve abreviações que serão apresentadas neste trabalho.

<i>AHP</i>	Método de Análise Hierárquica
<i>AIAA</i>	Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica
<i>CAA</i>	Autoridade de Aviação Civil Canadense
<i>CBD</i>	Distritos Empresariais Centrais de São Francisco EUA
<i>CEAS</i>	Conselho das Sociedades Aeroespaciais Europeias
<i>ConOps</i>	Conceitos de Operações
<i>DES</i>	Modelo de Simulação de Eventos Discretos
<i>eVTOL</i>	Aeronaves elétricas de Decolagem e Pouso na Vertical
<i>FAA</i>	Administração Federal de Aviação dos EUA
<i>FATO</i>	Área de aproximação final e decolagem
<i>FIFO</i>	Primeiro a entrar, primeiro a sair
<i>FLARM</i>	Dispositivo eletrônico para alertar em vôo sobre o risco de colisão com outra aeronave ou obstáculo
<i>GATE</i>	Área ou stands de processamento de passageiros e serviços da aeronave
<i>ICAO</i>	Organização Internacional da Aviação Civil
<i>ICNS</i>	Conferência de Navegação e Vigilância de Comunicações Integradas
<i>IEEE</i>	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
<i>IP</i>	Programação Inteira
<i>MATSim</i>	Simulação de transporte multiagente
<i>MITO</i>	Orquestrador de Transporte Microscópico
<i>ODM</i>	Mobilidade Sob Demanda
<i>pad</i>	Ponto de pouso e decolagem
<i>SA</i>	Área de Segurança

SILO Orquestrador Simples de Uso do Solo

TAT TurnAround Time - Tempo operacional do conjunto de atividades que devem ocorrer entre um pouso e sua próxima decolagem

TLOF Ponto ou pad de pouso e decolagem

TOLA Área de pouso e decolagem

TTS Distância entre as extremidades dos rotores giratórios da aeronave

UAM Mobilidade Aérea Urbana

WLC Combinação Linear Ponderada

1. INTRODUÇÃO

O número de habitantes em áreas metropolitanas complexas aumentou e a população está cada vez mais dispersa em áreas periféricas em todo o mundo (Fadhil, 2018). Como resultado, as externalidades do congestionamento têm afetado cada vez mais as mesmas, reduzindo a produtividade, gerando perdas econômicas e impactos ambientais (Murça, 2021). Por outro lado, os recentes desenvolvimentos no campo da Mobilidade Aérea Urbana (UAM) (Ploetner et al., 2020) tem projetado um efeito substancial na economia (Rimjha & Trani, 2021).

Além disso, o Uber Elevate (Elevate, 2016) também afirmou em seu whitepaper que a limitação operacional mais significativa para iniciar a implementação do UAM em áreas metropolitanas é a falta de infraestrutura terrestre.

O termo Vertiporto denota infraestrutura terrestre de operação para aeronaves elétricas de Decolagem e Pouso na Vertical (eVTOL). Vascik e Hansman criaram vários Conceitos de Operações (ConOps) que requer um Vertiporto, sendo um local dedicado para a operação das aeronaves eVTOL tripuladas (Fadhil, 2018).

Este trabalho apresentará uma análise bibliográfica, descrevendo as principais contribuições e discutindo os resultados de trabalhos e artigos acadêmicos publicados sobre o tema de capacidade para Infraestrutura Terrestre da UAM, explorando os requisitos mínimos dos Vertiportos, dimensionamento de projeto de aeródromo, topologia e ConOps.

2. METODOLOGIA

O método elegido para este trabalho baseou-se na pesquisa e investigação de 200 artigos sobre UAM, nos quais foram filtrados 60 destes artigos relacionados com a Infraestrutura Terrestre. Como processo de triagem, foram selecionados os 4 principais trabalhos que abordam o tema capacidade de Vertiportos, considerando: o número de citações, a relevância do periódico e as recentes datas de publicação. Após a leitura e síntese destes, os resultados foram discutidos e analisados.

3. REVISÃO LITERÁRIA

A Mobilidade Aérea Urbana (UAM) implica em uma nova abordagem de transporte aéreo de passageiros e cargas em áreas metropolitanas, utilizando os novos veículos reconhecidos como aeronaves elétricas de Decolagem e Pouso na Vertical (eVTOL) (Murça, 2021). O objetivo deste conceito é fornecer transporte aéreo *door-to-door* seguro, acessível e ecologicamente sustentável utilizando as mesmas (Fadhil, 2018) operando em modo de Mobilidade Sob-Demanda (ODM) (Elevate, 2016). Alguns autores referem-se à infraestrutura terrestre da UAM como *Take-off and Landing Area* (TOLA), igualmente na literatura vários termos foram propostos, tais quais: Vertiporto, Vertipad, Pocket Airport, Skypark, Sky-node e Skyport. (BAUM, 2021)

Neste trabalho, o termo Vertiporto é utilizado para representar uma área de terra, água ou construção, onde estima-se receber os movimentos de aeronaves eVTOLs. Com base na Circular Consultiva da Federal Aviation Administration (FAA) em convergência com a HeliExperts (Fadhil, 2018), o Uber Elevate apresentou três conceitos: Os dois primeiros, são construídos no topo de um edifício e em uma plataforma flutuante suspensa sobre a água, que funciona como Vertiporto (Elevate, 2016). O terceiro estaria dentro do trevo/rotatória de uma estrada/avenida como um Vertistop (Fadhil, 2018).

Os Requisitos Mínimos para a Infraestrutura Terrestre da UAM foram examinados por Fadhil (Fadhil, 2018) e proposto de forma seme-

lhante aos heliportos, sendo que um Vertiporto deverá ser composto, ao menos, por uma área de *Touchdown and Lift off* (TLOF), uma área de aproximação final e decolagem (FATO) e uma área de segurança (SA). A tabela 1 resume as dimensões coletadas de diferentes trabalhos de pesquisa, artigos acadêmicos e diretrizes de melhores práticas apresentadas pelo autor mencionado.

Table 1 - Ref. de Dimensões para Vertiportos (Fadhil, 2018)

Conceito	TLOF	FATO	SA
Seeley (2017b)			162.16x 75m
Uber E. (2016)	15.24x 15.24m	35x35m	60.96m
Alex. et al. (2017)	13.72x 13.72m	21.34x 21.34m	30.48m
FAA (2012)	RD (Rotor Diameter)	1.5 D (overall Dimension)	
Vascik et al. (2017)	15.24x 15.24m		
ICAO (2009)	0.83D		0.25D
Syed et al. (2017)	13x13m	19.81x 19.81m	
Antcliff et al. (2016)	15.24x 15.24m	30.48x 30.48m	60.96m
Transport CA (2017)		1.5D	3m

O autor (Fadhil, 2018) também se refere ao TLOF como um espaço dentro do centro do ponto de pouso e decolagem (*pad*) que é utilizado como plataforma para facilitar o pouso da aeronave. Geralmente está localizado ao lado da FATO e oferece um *buffer* enquanto o equipamento se prepara para sair ou se aproximar da plataforma em um determinado ângulo de descida (*glideslope*). O SA é um espaço que fica do lado de fora dessas três zonas do *pad*.

Vaskin ilustra um TOLF *pad* baseado no Heliport Design recomendado pela FAA (2012) no AC 150/5390-2C (Vascik & Hansman, 2019), conforme mostrado na Figura 1.

Assim, o tamanho mínimo do TLOF foi considerado como apenas um “Tip-to-Tip Span” (TTS) que pode ser definido pelo “span (distância) entre as extremidades dos rotores giratórios ou *proprotors* da aeronave” (Vascik &

Hansman, 2019).

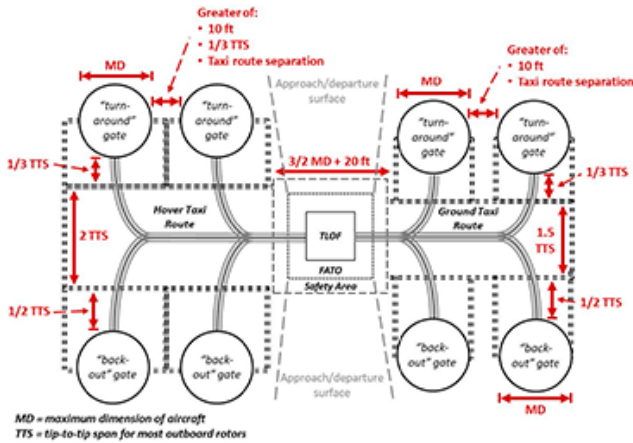


Figure 1 - Atributos de dimensionamento e espaçamento assumidos para vertiportos (Vascik & Hansman, 2019).

Alguns trabalhos analisados definem “Parking Stands”, “Parking Stalls”, “Parking Gates”, “Staging Stands” ou apenas “Gate” (Fadhil, 2018) (Rimjha & Trani, 2021) para prover os serviços da aeronave, tais como: carregamento, abastecimento, manutenção e etc (Vascik & Hansman, 2019). Por ser uma área de processamento de passageiros (Ploetner et al., 2020), exigindo uma delimitação (*footprint*) menor que o TOLP, poderiam aumentar o perímetro total do Vertiporto (Rimjha & Trani, 2021).

Além disso, Vascik & Hansman (2019) mostra um exemplo de heliporto em Campo de Marte, São Paulo, representando uma topologia de “Pátio Remoto” na Figura 2, na qual um ou mais TOLP pads podem ser associados aos Gates distribuídos nas proximidades.



Figure 2 - Aeroporto Campo de Marte exibindo atributos de uma topologia de “Pátio Remoto” (Vascik & Hansman, 2019).

Rimjha & Trani (2021) argumentam que o número de TOLP pad e *stands* é um fator chave que afeta a capacidade do Vertiporto e descobriu-se que de 7 a 8 gates por pad pode ser uma “topologia potencialmente eficiente” (Rimjha & Trani, 2021) como mostrado na Figura 3.

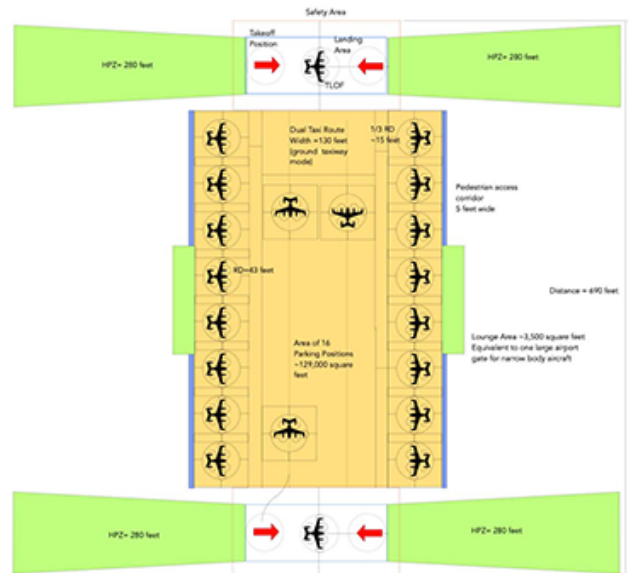


Figure 3 - Vertiport Design para configuração de 1pad-8gates (Rimjha & Trani, 2021).

Adicionalmente, um estudo publicado pelo consórcio formado por Embraer EVE, NATS, Heathrow Airport, London City Airport, Skyports, Atech, Volocopter, Vertical Aerospace e UK CAA argumenta que “as diferentes configurações do Vertiporto suportarão diferentes rendimentos (*throughputs*)” (Embraer Eve & CAA, 2022). Eles também defendem que a capacidade de um Vertiporto afetará a capacidade do sistema geral, impactando os seguintes processos de *ground handling* da aeronave e a capacidade do veículo, incluindo:

- tempo de ocupação do FATO (chegadas);
- tempo de ocupação do FATO (saída);
- Perfis de partida e chegada;
- Interação e separação da turbulência da esteira;
- Redução de ruído ou outros procedimentos específicos do espaço aéreo exigidos no Vertiporto; e
- Tempo de *turnaround* (TAT).

Um Conceito de Operações (ConOps) genérico para Vertiporto é proposto por Vascik & Hansman (2019), com base nas entrevistas, análise empírica das operações atuais e revisão dos padrões de heliporto examinados, enumerados a seguir.

1. As aeronaves chegam ao(s) TLOF pad(s) através do uso de procedimento(s) de aproximação;

2. Se o Vertiporto estiver equipado com Gate(s), então a aeronave pode taxiar/rolar do TLOF pad para um Gate disponível;
3. Se não existirem Gate(s) ou não estiver(em) disponível(is), pode ser possível realizar o pushback da aeronave no TLOF pad;
4. Exige um tempo mínimo de resposta para concluir as atividades, por ex. descarregar passageiros e bagagem, abastecer (recarregar) a aeronave etc;
5. Uma vez concluída, a aeronave pode taxiar/rolar para um TLOF pad e partir;
6. Se houver Staging Stands disponíveis (além dos Gates), as aeronaves podem ser preposicionadas; ou
7. As aeronaves podem ser retiradas de serviço e roladas para as áreas de espera.

Separadamente, os termos “Staging Stand” e “Gate” são descritos pelo mesmo autor. Onde o primeiro é uma área na qual a aeronave pode ser estacionada e atendida, embora não haja atividade de passageiros. Em contrapartida, o segundo (“posições de estacionamento” como definida pela FAA nas literaturas sobre heliporto) dever ser dimensionado para fornecer o mínimo de obstruções para manobras e estacionamento de aeronaves (Vascik & Hansman, 2019).

Fadhil (2018) também apresenta alguns fatores adicionais além das especificações mínimas para um Vertiporto indicados na Tabela 2.

O mesmo autor apresenta um estudo utilizando a Análise AHP-Delphi para determinar a Combinação Linear Ponderada (WLC), que poderia ser considerada para a escolha da localização onde os Vertiportos serão construídos. Os quatro aspectos principais estão listados abaixo (Fadhil, 2018):

- Ponto de Interesse;
- Renda Média;
- Custo Médio Total de Transporte; e
- Hub de Transporte Principal.

Table 2 - Requisitos Min. para Vertiportos (Fadhil, 2018)

<i>Fatores</i>	<i>Requisitos mínimos</i>
Estação de carregamento	Carga de 400 kW por 5 minutos a taxas de 2C (2A/30 minutos).
Barulho	Toque de recolher noturno; e Espaçamento adequado de “helideck”.
Clima	Caminhos de aproximação/decolagem bem projetados permitem que os pilotos evitem condições de vento a favor e minimizem o vento cruzado; “Windcone” iluminado; e Pavimento aquecido do “helipad” e acesso de passageiros.
Risco de incêndio	Sem combustível ou fluidos significam risco reduzido de incêndio.
Com.	Transmissão de estação terrestre ADS-B e receptor FLARM. Depo/Garagem para eVTOL ocioso, bem distribuído e adequado para armazenar toda a aeronave; e rebocador ou trilho de guia com controle remoto.
Esta.	

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção descreve uma breve análise e discussão das contribuições dos principais trabalhos acadêmicos selecionados sobre o tema de Infraestrutura Terrestre para UAM em relação a capacidade dos Vertiportos, devidamente compilados e organizados nas subseções a seguir.

4.1. DESENVOLVIMENTO DE ENVELOPES DE CAPACIDADE PARA VERTI-PORTO E ANÁLISE DE SUA SENSIBILIDADE A FATORES TOPOLÓGICOS E OPERACIONAIS

Palavras-chave: *Denver International Airport; Urban Air Mobility; Taxi Way; Vertical Takeoff and Landing; Model Aircraft; Controlled Airspace; Helicopters; Satellites; Airfields; e Air Traffic Control.*

Neste trabalho, publicado pela AIAA SciTech Forum, EUA, os autores Vascik & Hansman (2019) utilizam a formulação de Programação Inteira (IP) das operações do Vertiporto para desenvolver envelopes de capacidade de *through-*

put e esquemas operacionais eficientes, considerando as variáveis de infraestrutura, por exemplo: “TLOF Pads”, “Gates” e “Staging Stands”, também os Parâmetros Operacionais baseado em um ConOps genérico para Vertiporto descritos a priori, considerando: Hora de Chegada, Hora de Partida, Hora de Táxi no Portão, Hora de Táxi do Ponto de Parada, Tempo de Turnaround, Número de Aeronaves Pré-estadia e Políticas de Operações Simultâneas.

Este estudo tem como objetivo responder as três questões a seguir:

- Quais variáveis de infraestrutura e parâmetros operacionais a taxa de transferência da Vertiport é mais sensível?
- Quais variáveis de infraestrutura e parâmetros operacionais apresentam influência correlacionada ao rendimento? e
- Quais topologias de vertiporto maximizam a taxa de transferência para um determinado cenário de área de cobertura e parâmetro?

Como contribuição propõem um Modelo de fluxo de rede das operações do Vertiporto aplicado ao IP baseado na formulação de fluxo de multiproducto Bertsimas-Stock proposta para gerenciamento de fluxo de tráfego e devidamente generalizado em 5 equações descritas a seguir segundo (Vascik & Hansman, 2019):

- **Função Objetivo:** Maximizar o valor total atribuído para chegadas e partidas de aeronaves;
- **Restrição de conservação de fluxo:** para cada produto, o fluxo em cada nó mais o fluxo de entrada externo é igual ao fluxo de saída;
- **Restrição de conflito TLOF:** apenas uma aeronave pode estar nos arcos de aproximação;
- **Restrição de conflito de portão:** apenas uma aeronave pode estar nos arcos de taxi-in, taxi-out, staging taxi-in/out, turnaround ou hold para cada nó do portão de cada vez;
- **Restrição de Capacidade do Arco:** a soma do fluxo de todos os produtos de aeronaves em cada arco deve ser menor ou igual à capacidade daquele arco; e

- **Restrição de número inteiro positivo:** as variáveis de decisão devem ser não negativas e inteiras.

Como resultado do trabalho o autor apresenta as implicações do estudo sensível ao envelope de capacidade do Vertiporto para realizar e projetar as quatro classes de topologia: Satélite, Píer, Linear e Remoto.

Avalia-se que o ponto mais importante dessa obra está nas conclusões dos parâmetros operacionais que afetam a relação entre Gates e TLOF pads (Gates:TOLF pads) e as consequências de um layout ineficiente e eficiente, como demonstrado pelo autor e listado abaixo (Vascik & Hansman, 2019):

Ineficiente:

- Poucas Gates por TLOF pad = a diminuição significativa da taxa de transferência; e
- Muitos Gates por TLOF pad = possui pouca influência no rendimento, mas um impacto significativo nas dimensões do Vertiporto e na sua eficiência operacional.

Eficiente:

- O horário de chegada ou partida reduz o número de Gates exigidos por TLOF pad;
- O tempo de retorno do veículo aumenta o número de Gates exigidos por TLOF pad; e
- O tempo de táxi entre o TLOF pads e os Gates pode diminuir o número de Gates necessários por TLOF pad, dependendo dos procedimentos operacionais simultâneos.

4.2. POTENCIAL DE APLICAÇÃO A LONGO PRAZO DA MOBILIDADE AÉREA URBANA COMPLEMENTANDO O TRANSPORTE PÚBLICO: UM EXEMPLO DA ALTA BAVIERA

Palavras-chave: *Simulation; Modelling; MATSim; Agent-based; e Simulation.*

Este artigo, publicado pelo CEAS Aeronautical Journal, os autores Ploetner et al. (2020) definem um modelo incremental e métodos específicos para quantificar e simular a demanda potencial da UAM para complementar o transporte público, aplicados à região metropolitana de Munique, Alemanha. A fim de investigar o potencial

de aplicação a longo prazo da Mobilidade Aérea Urbana na região da Alta Baviera.

As contribuições identificadas nesse trabalho foram (Ploetner et al., 2020):

- A demanda de viagem modelada pelo modelo baseado em agente e em viagem, *Microscopic Transportation Orchestrator* (MITO) e MATSim aplicados a uma demanda de transporte esperada entre 2011 e 2030 por meio de outro modelo *Simple Land Use Orchestrator* (SILO) e modelo Logit multinominal que leva em consideração o orçamento de tempo de viagem restante; e
- Uma simulação de missão de referência considerando no mínimo 74 Vertiportos, com diferentes densidades de rede, velocidades de veículos, tarifa e estrutura de tarifa.

Entre os resultados apresentados a partir das simulações realizadas pelo autor deste trabalho, foram descritas somente as que possuem relação com o tema deste *paper review* (Ploetner et al., 2020):

- O número de veículos por Vertiporto e, portanto, o número total de veículos na rede de transporte UAM tem um impacto muito alto na demanda da UAM e seu compartilhamento modal;
- Quando a demanda excedeu a oferta de passageiros (por exemplo, número de veículos disponíveis para atender a demanda), foram observados tempos de espera adicionais dos mesmos;
- Pode ser demonstrado que os tempos de processamento de passageiros nos Vertiportos de 30 min têm um impacto significativo;
- O número de veículos por Vertiporto também tem um impacto muito alto e, portanto, a oferta geral de transporte da UAM; e
- A demanda excede a oferta no caso de 10 a 20 veículos por Vertiporto, enquanto a demanda é quase coberta nos 100 veículos em cada. No entanto, o manuseio (desembarque, limpeza, recarga) de mais de 20 veículos simultaneamente em solo por estação pode ser desafiador.

4.3. CAPACIDADE E RENDIMENTO DE VERTIPORTOS PARA MOBILIDADE AÉREA URBANA COM UM ALGORITMO DE AGENDAMENTO POR ORDEM DE CHEGADA

Palavras-chave: *Throughput; Urban Air Mobility; Airspace Region; Unmanned Aircraft Systems Traffic Management; Aviation Technology, Integration, and Operations; Service Oriented Architectures; National Airspace System; Takeoff and Landing; Cumulative Distribution Function; e Heliports*

Como principal contribuição esse artigo publicado pela AIAA AVIATION Forum, EUA, os autores Guerreiro et al. (2020) conceberam um modelo teórico que permite estimar a capacidade de várias configurações de Vertiportos agnóstico ao seu layout, para avaliar e comparar a capacidade e a taxa de transferência do Vertiporto utilizando uma abordagem de enfileiramento por ordem de chegada, bem como um cenário de demanda UAM simulado.

Como resultado dessa pesquisa foi possível identificar segundo o autor (Guerreiro et al., 2020):

- O modelo teórico forneceu uma compreensão das condições que podem levar a um Vertiporto limitado a vagas de estacionamento ou a um ped limitado;
- Este limite depende da razão entre o tempo de superfície pelo o tempo de pad usado por um veículo em um Vertiporto;
- Os modelos revelaram que a abordagem de escalonamento por ordem de chegada pode apresentar ineficiências no uso dos recursos de Vertiporto;
- Porém, o modelo apresentado pode capturar 80% ou melhor taxa de transferência para capacidade na maioria dos casos e pode ser a única alternativa adequada em operações UAM sob demanda; e
- A disponibilidade de alguns horários não utilizados nas linhas do tempo do pad pode fornecer um mecanismo útil pelo qual as operações podem ser ajustadas ligeiramente para suportar condições fora do nominal.

4.4. MOBILIDADE AÉREA URBANA: FATORES QUE AFETAM A CAPACIDADE DO VERTIPORTO

Palavras-chave: *Schedules; Sensitivity; Navigation; Surveillance; Urban areas; Transportation; e FAA*

Esta pesquisa, publicada em 2021 pela IEEE-ICNS, nos EUA, conduzida pelos autores Rimjha & Trani (2021) analisa os fatores críticos que impactam a capacidade do Vertiporto, utilizando um modelo de Simulação de Eventos Discretos (DES) desenvolvido com o software MATLAB para simular as operações da UAM e definir a sua capacidade. Além disso, foi planejado para ser posicionado nos Distritos Empresariais Centrais de São Francisco (CBD), projetados com 1, 2 ou 3 plataformas de pouso (TLOF pad) e 8, 16 ou 24 vagas de estacionamento (gates), respectivamente.

A contribuição desta obra está na apresentação de um modelo de simulação que fornece métricas de capacidade do Vertiporto para operações equilibradas de chegada e partida, induzidas a partir de uma distribuição de “Poisson”. Essa análise discreta considera: o Vertiporto como um sistema e as operações (chegadas e saídas) como entidades; Essas entidades podem se mover pelo sistema e alterar seu estado; As plataformas de pouso (TOLF pad) e os Gates são considerados recursos; as aeronaves UAM dentro do ambiente são recursos modificados; e por fim o sistema possui três filas em *First-In-First-Out* (FIFO) (Rimjha & Trani, 2021).

A principais conclusões avaliadas como importantes que esse trabalho traz a lúmen são (Rimjha & Trani, 2021):

- O desequilíbrio entre os horários de solicitação de chegada e os horários de solicitação de saída pode impactar na operação do transporte de passageiros que um Vertiporto movimentada;
- Disponibilidade de aeronaves UAM e o horário de partida estão intimamente ligados;
- Durante o horário de pico de chegada, a diferença consistente entre o total de

veículos UAM no solo e os veículos disponíveis pode ser explicada pelo tempo de serviço programado antes do UAM ser considerado disponível para partidas;

- Seriam necessários ao mínimo 4 TOLF pads e 36 gates para atender a demanda simulada para o Vertiporto sem descartar nenhuma operação; e
- Devido ao problema de espaço disponível, o autor recomenda que talvez, o Vertiporto pudesse ser dividido em dois menores (2 TOLF pads / 18 gates).

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma revisão literária, abordando os conceitos de capacidade de infraestrutura terrestre da UAM (Vertiportos), descrevendo as definições, tais como: aeronaves elétricas *Vertical Take-Off and Landing* (eVTOL); *Take-off and Landing Area* (TOLA); área de pouso e decolagem (TLOF pad); uma área de aproximação final e decolagem (FATO); uma Área de Segurança (SA); *Tip-to-Tip Span* (TTS); e *Staging Stands* (Gates).

Foram descritos os requisitos mínimos das topologias, dimensionamento, design do Vertiportos e um conceito de operações genérico (ConOps).

Finalmente, apresentou uma análise bibliográfica, descrevendo as principais contribuições e destacando os resultados mais relevantes dos trabalhos e artigos acadêmicos publicados sobre o tema capacidade para Infraestrutura Terrestre da UAM.

Referências

- BAUM, D. M. (2021). Airspace capacity artificial intelligence model in uam environment based on the airspace complexity, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Elevate, U. (2016). Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation <https://bit.ly/3r15Xej>.
- Embraer Eve, NATS, H. A. L. C. A. S. A. V. V. A.

& CAA, U. (2022). Uk consortium completes urban air mobility concept of operations for the civil aviation authority <https://bit.ly/304aJG0>.

Fadhil, D. N. (2018). A GIS-based Analysis for Selecting Ground Infrastructure Locations for Urban Air Mobility, *Dissertação de Mestrado*, Technical University of Munich, Munich.

Guerreiro, N. M., Hagen, G. E., Maddalon, J. M. & Butler, R. W. (2020). Capacity and Throughput of Urban Air Mobility vertiports with a First-Come, First-Served Vertiport scheduling algorithm, *AIAA Aviation 2020 Forum*.

Murça, M. C. R. (2021). Identification and prediction of urban airspace availability for emerging air mobility operations, *Transportation Research*.

Ploetner, K., Al Haddad, C., Antoniou, C., Frank, F., Fu, M., Kabel, S., Llorca, C., Moeckel, R., Moreno, A. & Pukhova, A. (2020). Long-term application potential of urban air mobility complementing public transport: an upper Bavaria example, *CEAS Aeronautical Journal*.

Rimjha, M. & Trani, A. (2021). Urban Air Mobility: Factors Affecting Vertiport Capacity, *2021 Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*pp. 1–14.

Vascik, P. D. & Hansman, R. J. (2019). Development of vertiport capacity envelopes and analysis of their sensitivity to topological and operational factors, *AIAA Scitech 2019 Forum*pp. 5–26.