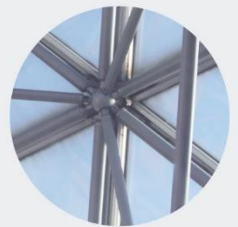
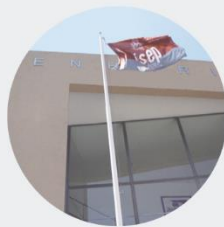


MOBILIDADE AÉREA AVANÇADA: Proposta para a Região Metropolitana de São Paulo-RMSP

MANUELLA ANGÉLICA DE PAULA SILVA

novembro de 2022



MOBILIDADE AÉREA AVANÇADA: Proposta para a Região Metropolitana de São Paulo- RMSP

MANUELLA ANGÉLICA DE PAULA SILVA
Outubro de 2022

MOBILIDADE AÉREA AVANÇADA: Proposta para a Região Metropolitana de São Paulo- RMSP

MANUELLA ANGÉLICA DE PAULA SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

Orientador: Ângelo Manuel Jacob

Coorientador: Oswaldo Sansone Rodrigues Filho (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

OUTUBRO DE 2022

Manuella Silva

Eu, Manuella Angélica de Paula Silva, estudante nº 1210372, Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem autoplágio, pelo que o trabalho intitulado “MOBILIDADE AÉREA AVANÇADA: Proposta para a Região Metropolitana de São Paulo- RMSP” é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Declaro, também, que todas as fontes usadas estão citadas no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 2022 /10/28

Manuella Silva

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Agradecimentos	vii
Índice de Texto	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xv
Abreviaturas	xvii
CAPÍTULO 1 Introdução.....	19
CAPÍTULO 2 Revisão Bibliográfica	23
CAPÍTULO 3 Estudo de caso	52
CAPÍTULO 4 Considerações Finais	91
Referências bibliográficas.....	94

RESUMO

A presente dissertação encontra-se inserida no âmbito da unidade curricular DIPRE – dissertação/projeto/estágio, relativo ao Mestrado em Engenharia Civil, ramo de gestão da construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

A dissertação foi desenvolvida ao longo do ano letivo 2021/2022, no âmbito da preparação dos aeroportos para a mobilidade aérea avançada.

Apresentam-se nesta dissertação primeiramente os conceitos iniciais da mobilidade aérea avançada, bem como a preparação já existente e os desafios que ainda estão por vir do recebimento aeroportuário para esta mobilidade.

Sugere-se a definição dos conceitos do eVTOL; as diferenças do eVTOL com outros modais; o atual tráfego aéreo, a infraestrutura aeroportuária, bem como a finalidade do eVTOL no âmbito de impacto ambiental; os desafios futuros; as empresas envolvidas na projeção de protótipos e fabricação de eVTOLs, e ainda os diferentes modelos de negócios.

A dissertação apresenta ainda um estudo de caso, no qual aborda primeiramente o contexto em que a cidade de São Paulo está caracterizada no aspecto socioeconómico, seguido pela realização do levantamento quantitativo da possível operação do eVTOL na cidade de São Paulo, além da identificação dos centros geradores de tráfego na região metropolitana, horário de pico de voos internacionais, identificação dos sítios candidados e, por fim, uma conclusão proposta deste estudo, sugerindo, assim, um modelo de configuração para um pátio de aeronaves no contexto da cidade de São Paulo.

Desta forma, a pesquisa apresenta o interesse na UAM - mobilidade aérea urbana, que cresce, exponencialmente, nos últimos cinco anos, mas ainda permanecem questões significativas e desenvolvimentos futuros que devem ser explorados. Questões que exemplificam o quão inovador e desafiador é este tema da implementação da mobilidade aérea avançada.

Por fim, conclui-se a dissertação atendendo os objetivos propostos, com o intuito de oferecer informações para futuros progressos e acompanhamentos dos avanços tecnológicos, além de ressaltar a importância de órgãos públicos que devem concentrar em aumentar a conscientização pública e máxima aceitação social.

Palavras-chave: eVTOL, Mobilidade Aérea, Infraestrutura Aeroportuária

ABSTRACT

This dissertation is part of the curricular unit DIPRE – dissertation/project/internship related to the Master in Civil Engineering, branch of construction management, of the Instituto Superior de Engenharia do Porto.

The dissertation was developed during the academic year 2021/2022, within the scope of preparing airports for advanced air mobility.

It is proposed in this introduction to the initial concepts of advanced air mobility, such as the already existing preparation and the challenges that are yet to come from the airport reception.

The definition of eVTOL concepts is suggested; the differences between eVTOL and other modes; the air, the airport infrastructure, as well as the purpose of eVTOL without reaching environmental impact; future challenges; Projected and planned business OL companies such as eVTOL construction companies still the business models.

The dissertation also presents a case study entitled as a “realization proposal for the choice of site for the eVTOL in the city”, where the realization of the city is in the context in which the city is in the socio-ecological aspect of São Paulo operation, followed by the realization of the of the peak load in the region and end of the conclusion of the operation of the possible study OL in the city of São Paulo of the identification of the region of the region of the region of the region of the international flights agenda, identification of the candidate sites of the proposal of this study, thus suggesting a Configuration of an aircraft apron in the context of the city of São Paulo.

This way the research presents interest in UAM that has grown exponentially over the last five years, but there are still significant questions and future developments that should be explored. Questions that exemplify how advanced and challenging this topic of implementing advanced air mobility is.

Finally, the follow-up dissertation is concluded and the proposed objectives, in order to provide information for future objectives and in addition to technological advances, address the importance of public bodies that must focus on increasing public awareness and maximum social importance.

Keywords: eVTOL, Air Mobility, Airport Infrastructure.

***“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo
mundo vê.” Arthur Schopenhauer.***

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, engenheiro Ângelo Manuel Jacob, pela disponibilidade, apoio prestado e pela sua orientação.

Ao meu coorientador, engenheiro Oswaldo Sansone Rodrigues Filho, pelo grande voto de confiança e por toda a sabedoria transmitida.

Agradeço a oportunidade da Universidade Presbiteriana Mackenzie, em especial à coordenadora do curso de Engenharia Civil, Dra. Patrícia Barbosa da Silva, que me auxiliou neste processo e que possibilitou a minha participação no programa de dupla titulação em parceria com o ISEP-Instituto Superior de Engenharia do Porto.

À minha família, especialmente minha mãe, Eliana R. P. Silva, meu pai, José Manoel da Silva, e minhas queridas irmãs, Isabelle e Emilie, que exercem um papel fundamental na minha vida e que me incentivaram a realizar este programa e me apoiaram na realização desta dissertação, motivando-me a continuar e nunca desistir perante as dificuldades.

E finalmente agradeço aos meus amigos, pelo apoio e compreensão face à falta de comparência em muitas ocasiões, apesar da distância física fizeram-se sempre presentes.

ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Considerações Iniciais.....	19
1.2	Objetivos.....	20
1.3	Metodologia.....	20
1.4	Estrutura	21
2.1	O veículo eVTOL.....	23
2.2	Diferenças do eVTOL com outros modais.....	24
2.3	Tráfego Aéreo	28
2.3.1	Tráfego aéreo - conceitos da indústria aeronáutica.....	28
2.3.2	Tráfego aéreo - Regulamentação e certificação	29
2.3.3	Tráfego aéreo – Rede elétrica.....	29
2.4	Infraestrutura aeroportuária	31
2.5	Finalidade.....	36
2.6	Impacto ambiental.....	36
2.7	Desafios Futuros	38
2.8	Empresas Envolvidas.....	41
2.8.1	Caso específico da Embraer.....	44
2.8.2	Empresas envolvidas no âmbito do processo de certificação	45
2.8.3	Empresas envolvidas no âmbito da sustentabilidade	47
2.9	Diferentes modelos de negócios	48
3.1	Caracterização socioeconômica da RMSP	52
3.1.1	Estrutura etária da população	55
3.1.2	Qualidade de vida	55

3.1.3 Produto Interno Bruto (pib).....	56
3.1.4 Emprego e Renda.....	57
3.2 Cidade de São Paulo.....	59
3.3 Aeroporto Congonhas.....	62
3.3.1 Análise estatística aeroporto congonhas.....	62
3.4 Aeroporto GRU	64
3.5 Análise estatística demanda eVTOL no aeroporto de guarulhos	65
3.5.1 Contexto do estudo de caso	65
3.5.2 Abordagem metodológica utilizada na pesquisa.....	66
3.5.3 Análise dos resultados sob a demanda do eVTOL no aeroporto GRU	72
3.6 Pré-dimensionamento da infraestrutura.....	73
3.6.1 Demanda de passageiros	73
3.6.2 Quantidade de operação de voo eVTOL (movimentos)	74
3.6.3 Horário pico	74
3.6.4 Cálculo do dimensionamento do pátio de aeronaves	76
3.7 Identificação dos centros geradores de tráfego.....	77
3.7.1 Região da Vila Olímpia	77
3.7.2 Região da Av. Paulista.....	79
3.8 Dimensionamento do pátio de aeronaves	83
3.9 Conclusão estudo de caso.....	86
4.1 Desenvolvimentos Futuro.....	91
4.2 Conclusão.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Características de um eVTOL.....	25
Figura 2 - Características de um Helicóptero	26
Figura 3 - Características de avião elétrico.....	26
Figura 4 - Exemplo de vertiporto.....	27
Figura 5 - Fases de voo	27
Figura 6 - Cora, táxi voador da Wisk.....	30
Figura 7 - Diagrama dos quatro processos de limitação de capacidade de operação de vertiportos	34
Figura 8 - Definição da capacidade Vertiport e abordagem de estudo de sensibilidade.....	34
Figura 9 - Medições de projeto Vertiport, por exemplo, aeronaves eVTOL	35
Figura 10 - Perfil da missão de voo	37
Figura 11 - Variabilidade das emissões químicas por operação de eVTOLs.....	38
Figura 12 - Fluxograma da metodologia de estudo.....	40
Figura 13 - eVTOL da startup Kelekona, com capacidade de até 40 passageiros	43
Figura 14 - Perspectivas do <i>layout</i> do EmbraerX	44
Figura 15 - Características presentes no EmbraerX	44
Figura 16 - eVTOL brasileiro, homenageará piloto Ayrton Senna	45
Figura 17 - Protótipo eVTOL empresa alemã Lilium.....	47
Figura 18 - Inter-relação de tecnologias autônomas, elétricas e de compartilhamento na literatura de transporte	49
Figura 19 - Receita simulada na aplicação da UAM em um aeroporto hipotético	51
Figura 20 - Mapa RMSP	53

Figura 21 - Mapa TGCA* da população nos municípios 2010-2030.....	54
Figura 22 - Densidade populacional líquida	54
Figura 23 - Estrutura Etária da População na RMSP – 2000 a 2030.....	55
Figura 24 - Índice de desenvolvimento humano municipal na RMSP	56
Figura 25 - Participação dos municípios no Valor Adicionado Total e por setores de atividade – 2012 ...	56
Figura 26 - Valor Adicionado Total 2000 e 2012 (em R\$ milhões).....	57
Figura 27 - Taxa de Ocupação por Sub-Região (2000-2010)	58
Figura 28 - Densidade total de empregos	59
Figura 29 - Mapa da cidade de São Paulo	60
Figura 30 - Heliponto na região da avenida Berrini.....	61
Figura 31 - Maiores rotas de Congonhas.....	62
Figura 32 - Maiores rotas de Congonhas em número de passageiros	63
Figura 33 -Movimento operacional aeroporto de Congonhas.....	63
Figura 34 - Movimento anual de passageiros	63
Figura 35 - Gráfico origem - Europa X Quantidade de passageiros <i>business</i> /mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022)	70
Figura 36 - Gráfico origem – América do Norte X Quantidade de passageiros <i>business</i> /mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022)	71
Figura 37 - Gráfico origem - Ásia X Quantidade de passageiros <i>business</i> /mês.....	72
Figura 38 - Passageiros que chegam (desembarcam) no aeroporto de gru no período de 24h- horário pico entre 6h-9h.....	75
Figura 39 - Passageiros que partem (embarcam) no Aeroporto de GRU no período de 24h- horário pico entre 18h-21h	76
Figura 40 - Região do bairro Vila Olímpia.....	78
Figura 41 - Vista aérea com demarcação dos helipontos na região da Vila Olímpia	78
Figura 42 -Vista superior com demarcação de exemplos de polos geradores de tráfego da Vila Olímpia	79
Figura 43 - Avenida Paulista à noite	80

Figura 44 - Foto panorâmica da Avenida Paulista à noite.....	80
Figura 45 - Vista superior com demarcação de exemplos de polos geradores de tráfego da Av. Paulista	81
Figura 46 - Vista superior com demarcação do trecho da Av. Paulista.....	82
Figura 47 - Vista superior com demarcação do trecho da Av. Paulista.....	82
Figura 48 - Dimensões esperadas para o eVTOL da Embraer/Eve	83
Figura 49 - FATO e área de segurança associada.	84
Figura 50 - FATO e área de segurança associada calculada com dimensões	84
Figura 51 - Paradas de aeronaves com capacidade para VTOL.....	85
Figura 52 - Área necessária para o estacionamento de uma aeronave eVTOL.....	85
Figura 53 - Proposta de modelo para o pátio de aeronaves eVTOL com 16 posições.....	86
Figura 54 - Pista de táxi de aeronaves com capacidade VTOL/rota de táxi terrestre	87
Figura 55 - Pista de táxi de aeronaves com capacidade VTOL/rota de táxi terrestre	87
Figura 56 - Demarcações de áreas do pátio de aeronaves.	88
Figura 57 - Demarcações de áreas do pátio de aeronaves.	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela das diferenças eVTOL, Helicóptero e Avião Elétrico	25
Tabela 2 - Variação da participação do Nível de Instrução das Pessoas Ocupadas por sub-região no período 2000-2010.....	59
Tabela 3 - Quantidade de assentos e voos por rota.....	64
Tabela 4 - Série anual de passageiro pago transportado em rotas domésticas – 2002 a 2010.....	64
Tabela 5 - Dados quantitativos levantados para voos de origem da Europa com destino para Aeroporto GRU. (período 01/06/2022 – 30/06/2022).	67
Tabela 6 - Dados quantitativos levantados para voos de origem da América do Norte com destino para Aeroporto GRU. (período 01/06/2022 – 30/06/2022).	68
Tabela 7 - Dados quantitativos levantados para voos de origem da Ásia com destino para Aeroporto GRU. (período 01/06/2022 – 30/06/2022).	69
Tabela 8 - Quadro resumo origem - Europa, X Quantidade de passageiros <i>business</i> /mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022).	70
Tabela 9 - Quadro resumo origem – América do Norte, x Quantidade de passageiros <i>business</i> /mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022).	71
Tabela 10 - Quadro resumo origem – Ásia, x Quantidade de passageiros <i>business</i> /mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022).	72
Tabela 11 - Número total de passageiros <i>business</i> /mês (chegadas GRU)	73
Tabela 12 - Número movimento necessário de eVTOL x Passageiros <i>business</i> /mês.....	74
Tabela 13 - Quadro resumo de área.....	88

ABREVIATURAS

AAM – Mobilidade Aérea Avançada

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

ATM – Air Traffic Management

AV- Veículo terrestre autônomo

DECEA- Departamento de Controle do Espaço

EASA- European Union Aviation Safety Agency

EMBRAER – Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.

EV – Veículo Terrestre elétrico

FAA- Federal Aviation Administration

FATO – Final Approach and Take-Off Area

ICA – Instrução do Comando da Aeronáutica

LAANC - Low Altitude Authorization and Navigation Capability)

MAT – Manned Air Taxi

MTOW- Maximum Take-Off Weight

NAS- Nacional Air Space

SAV- Veículos autônomos compartilhados

SAEV – Veículos elétricos autônomos compartilhados

STOL- Short Takeoff and Landing

TOLA- Takeoff and Landing Area

UA – Unmanned Aircraft

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório foi efetuado no âmbito da Unidade curricular DIPRE -Dissertação, Projeto, Estágio, do 2º semestre do 2º ano do Mestrado em Engenharia no Ramo de Gestão da Construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. A dissertação intitulada de “MOBILIDADE AÉREA AVANÇADA: Proposta para a Região Metropolitana de São Paulo -RMSP”, é realizada como requisito a obtenção do grau de Mestre de Engenharia Civil tendo a orientação do engenheiro Ângelo Manuel Jacob, docente do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, e a coorientação do engenheiro Oswaldo Sansone Rodrigues Filho, representante da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Uma breve apresentação geral do tema é compreender os conceitos do veículo eVTOL, verificar as principais diferenças entre os modais, analisar os desafios impostos para a implementação deste novo modal, seja no âmbito dos desafios da adequação do tráfego aéreo, ou mesmo das limitações para todo o ecossistema da infraestrutura aeroportuária. Além da realização do estudo de caso aplicado na prática para a Região Metropolitana de São Paulo, onde o estudo possui o objetivo de quantificar a possível demanda de eVTOL na cidade de São Paulo, sugerir uma metodologia para uma sugestão de configuração do pátio de aeronaves para atender esta potencial demanda, entre outros aspectos e características desta região.

Justifica-se esta escolha do tema, por ser um assunto de grande relevância e desafiador, por justamente este tipo de mobilidade aérea ser totalmente inovadora, e possuir inúmeras questões para ser analisado e estudado. Assim, espera-se que esta dissertação ofereça relevância com todos os conceitos e

informações contidas, agregando de forma significativa com a realização do estudo de caso realizado, e contribuindo para toda a sociedade acadêmica.

1.2 OBJETIVOS

O presente relatório está no contexto do programa de trabalho para o desenvolvimento da dissertação a apresentar no 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil, ramo de Gestão da Construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Expõe uma apresentação e revisão bibliográfica sobre o tema proposto na dissertação. Os objetivos específicos desta dissertação são identificar diferentes referências bibliográficas para encontrar conceitos sobre o tema central, os desafios que a infraestrutura aeroportuária enfrenta atualmente, bem como os desafios no futuro. Além da elaboração de um estudo de caso aplicado à cidade de São Paulo, onde são identificados as potenciais demandas de passageiros da classe *business*, público-alvo da pesquisa, para uma demanda de usuários do eVTOL. O estudo ainda apresenta características específicas da cidade de São Paulo, além da configuração de uma sugestão de metodologia para a proposta da elaboração de um pátio de estacionamento de aeronaves do tipo eVTOL.

1.3 METODOLOGIA

Na realização deste trabalho, procura-se realizar uma revisão bibliográfica para encontrar referências sobre o tema central, com uma breve apresentação de alguns conceitos importantes.

A partir desta revisão bibliográfica, foram definidos os objetivos e os desafios que a infraestrutura aeroportuária enfrenta atualmente, bem como os desafios no futuro, e como a mobilidade aérea irá revolucionar a mobilidade urbana.

A metodologia utilizada para a realização do capítulo 3, estudo de caso, aborda a identificação dos principais centros geradores de tráfegos localizados em duas das principais avenidas da cidade de São Paulo, identificação de horários pico de aeronaves com origem no Aeroporto de Guarulhos, além de uma proposta de configuração de um pátio de estacionamento para aeronaves do tipo eVTOL com configuração para atender a demanda levantada no estudo. O capítulo encontra-se dividido em cinco subitens, que são eles:

- Caracterização socioeconômica da RMSP;
- Identificação da demanda por eVTOL;
- Identificação dos centros geradores de tráfego;

- Cálculo do dimensionamento do pátio de aeronaves;
- Proposta da configuração do pátio de aeronaves.

Para auxiliar na elaboração deste estudo, foram necessárias diversas pesquisas em diferentes revisões bibliográficas, além de ferramentas que auxiliaram nesta elaboração, apontando aspectos importantes da cidade de São Paulo, desde da caracterização socioeconômica da cidade, gráficos que ilustram informações da qualidade de vida, produto interno bruto, identificação dos principais polos gerados da cidade de São Paulo, entre outros aspectos para um melhor entendimento do contexto em que a cidade de estudo se enquadra.

Ainda no capítulo 3, é realizada uma análise da demanda de eVTOL no Aeroporto Internacional de Guarulhos, onde neste tópico são levantados informações divulgadas pelo Governo Federal Brasileiro, como por exemplo:

- Companhia Aérea;
- Número do voo;
- Equipamento;
- Origem;
- Destino;
- Quantidade de assentos.

Diante destas informações é possível realizar, o pré-dimensionamento da infraestrutura, calcular a quantidade de operação de voo eVTOL, ou seja, os movimentos necessários de eVTOL para atender a demanda anteriormente calculada e por fim, de fato, realizar a configuração do pátio de aeronaves do tipo Evtol para os potenciais usuários localizados na Região Metropolitana de São Paulo.

1.4 ESTRUTURA

O trabalho encontra-se estruturalmente dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução, na qual se aborda o âmbito, os objetivos, a metodologia assim como a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é representada toda a revisão bibliográfica, em que abordamos os conceitos de eVTOL, as diferenças do eVTOL com outros modais, o tráfego aéreo, a finalidade, o impacto ambiental, os desafios futuros, as empresas envolvidas, e por fim os diferentes modelos de negócios.

O terceiro capítulo é caracterizado pela realização de um estudo de caso, que possui o objetivo de quantificar a possível demanda de passageiros de eVTOL na cidade de São Paulo, proveniente de países dos continentes europeus, continente asiático, e continente da América do Norte, onde todos estes passageiros possuem desembarque no Aeroporto Governador André Franco Montoro, localizado em Guarulhos (GRU). O capítulo aborda ainda um levantamento para a verificação dos principais horários picos para estabelecer um cenário mais conservador e assim ser viável o estudo para a configuração do páto de aeronaves do tipo eVTOL para a cidade Metropolitana de São Paulo.

No quarto capítulo estão presentes as considerações finais, que vêm reforçar a ideia do que foi desenvolvido ao longo deste trabalho, bem como os desenvolvimentos futuros e por fim a conclusão.

No último capítulo (5), estão presentes todas as referências bibliográficas que fizeram parte da elaboração desta dissertação.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O VEÍCULO EVTOL

No início do século XXI, a revolução com base na troca de dados, poder computacional, sensores, comunicação sem fio, *internet* e autonomia tecnológica, contribuíram para o desenvolvimento bastante acelerado para uma nova visão de uma nova era da aviação: a era da eletrificação e híbrida da propulsão de aeronaves. (Pavel, M., 2022)

O conceito de eVTOL possui origem da palavra em inglês *electric vertical take-off and landing* (eVTOL), e pode ser definida pela mistura de carro voador e helicóptero elétrico, e pretende revolucionar a mobilidade urbana. (Almeida, 2021).

O nome eVTOL é uma junção de siglas em inglês para que este transporte voador se propõe: um veículo movido a eletricidade (oriundo do *electric*) que decola e pousa verticalmente (VTOL, de vertical *take-off and landing*). (Almeida, 2021).

Espera-se que a partir de 2024 este novo tipo de modal já se torne uma realidade. Para que a implementação do eVTOL se torne de fato uma realidade, novas configurações de controle de voos, adaptações operacionais, disponibilidade de locais de pouso e decolagens, adequação de marcos regulatórios e certificações devem ser estudados e analisados profundamente e o mais breve possível.

2.2 DIFERENÇAS DO eVTOL COM OUTROS MODAIS

Como o eVTOL é um modal bastante inovador e tem como uma das suas características possuir tecnologia completamente elétrica será prevista e necessária a aplicação de novas normas para determinar os requisitos operacionais deste modal. (Airservices, 2020).

A fim de reforçar o conceito do eVTOL podemos comparar alguns fatores em relação aos helicópteros, como por exemplo o fato do eVTOL possuir mais rotores e de tamanhos menores do que um helicóptero. Este fator é relevante em termos de nível de segurança, visto que se um rotor acabar estragando em uma viagem, existem outros para garantir sua segurança no ar. Outra diferença é que o eVTOL pousa e decola na vertical e possui foco em viagens curtas, na mesma cidade ou em cidades próximas, ao contrário do helicóptero que consegue realizar viagens de até médias distâncias. Além do fato de que o eVTOL é movido a energia elétrica o que o torna mais silencioso; já o helicóptero é movido a querosene ou gasolina de aviação que oferecem, portanto, maior alcance.

O helicóptero e o eVTOL possuem um requisito operacional em comum, no sentido que ambos modais devem decolar e pousar contra o vento.

A indústria de mobilidade aérea tem uma expectativa que a economia de custos operacionais será repassada ao consumidor final, aumentando, assim, a acessibilidade desse meio de transporte. Assim, a expectativa é de que as operações de eVTOL sejam maiores do que as de helicópteros.

Verifica-se na Tabela 1, um quadro exemplificativo no qual constam as principais diferenças entre o eVtol, helicóptero e um avião elétrico. Seguido das figuras 1, 2, 3, que ilustram as características principais de cada um destes modais, respectivamente. (Almeida, 2021).

Tabela 1 - Tabela das diferenças eVTOL, Helicóptero e Avião Elétrico

Diferenças eVTOL, Helicóptero, e Avião Elétrico		
eVTOL	Helicóptero	Avião Elétrico
Há mais rotores (menores do que um helicóptero).	Rotor principal e um rotor na cauda traseira.	Utiliza asas fixas em vez de asas rotativas.
Pouso e decolagem vertical.	É um tipo de VTOL (veículo de pouso e decolagem vertical).	Precisa ganhar velocidade em pista antes de levantar voo.
Foco em viagens curtas, na mesma cidade, ou em cidades próximas.	Consegue fazer viagens de média distâncias.	Consegue fazer viagens de médias a grandes distâncias.
Movido a energia elétrica, que torna mais silencioso.	Movido a querosene, ou gasolina de aviação que oferecem maior alcance.	Movido a energia elétrica, que torna mais silencioso.

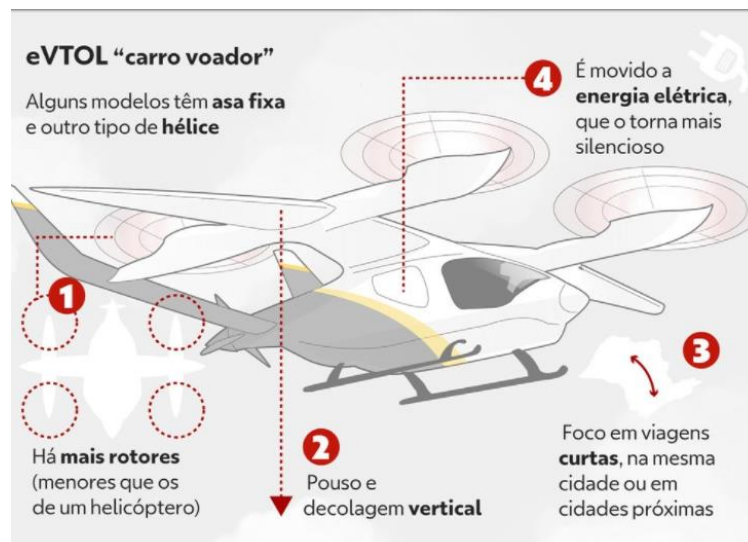


Figura 1 - Características de um eVTOL

Fonte: (Almeida, 2021).



Figura 2 - Características de um Helicóptero
Fonte: (Almeida, 2021)

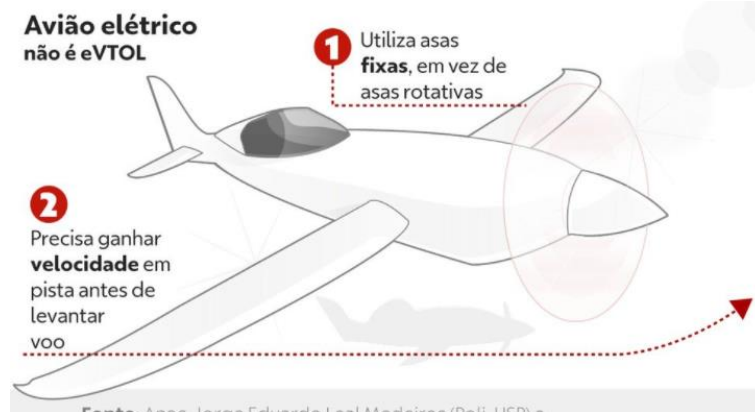


Figura 3 - Características de avião elétrico
Fonte: (Almeida, 2021)

Com o objetivo de compreender melhor as características deste modal, alguns aspectos devem ser considerados quando comparado aos helicópteros, como por exemplo:

- Em relação à altitude (1);
- Em relação ao local de pouso e decolagem (2);
- Em relação a fases de voo (3);

(1). Em relação à altitude, inicialmente o eVTOL irá operar abaixo de 1500 pés sobre o terreno, porém ao longo dos anos poderá operar também acima deste nível. Já a média de altitude de voos para o helicóptero chega a ser cerca de 10 vezes maior do que comparada a do eVTOL.

(2). Considerando que o eVTOL precisará ter a necessidade de efetuar recarga de baterias, um aspecto bastante válido a ser estudado é o local de pouso e decolagem, os chamados vertiportos (figura 4). Tanto

o eVTOL quanto os helicópteros, ambos modais poderão utilizar os mesmos helipontos já existentes, desde que cumpram os regulamentos relevantes, que ainda não foram definidos quais deverão ser cumpridos para o uso compartilhado de helipontos. (Airservices, 2020)



Figura 4 - Exemplo de vertiporto
Fonte: (Airservices, 2020)

(3.) Já no aspecto de fases de voo, o eVTOL e os helicópteros possuem semelhanças entre si, como observado na figura 5. Considerando estas fases é possível observar que é necessário uma zona de proteção que possivelmente poderá interferir em aeródromos ao redor, e deverá ter um cuidado necessário com a quantidade de prédios no entorno do vertiporto. Para servir como um apoio são previstos vários vertiportos ao longo da rota, em caso de necessidade de recarga, emergência, e também para aumentar as possibilidades de mobilidade para os passageiros. (Loureiro, 2021)

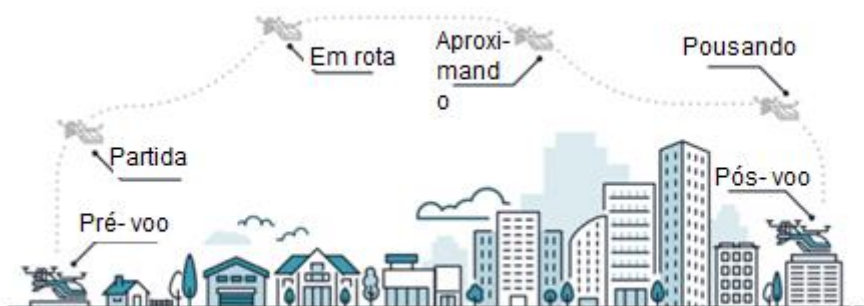


Figura 5 - Fases de voo
Fonte: (Airservices, 2020)

2.3 TRÁFEGO AÉREO

Devido ao avanço tecnológico, no âmbito do tráfego aéreo digital, o eVTOL está se tornando bastante promissor, porém desafios de como estes modais vão ser introduzidos com segurança no espaço aéreo atual é ainda uma questão.

Além também de um outro conflito que é o fato de como coexistir entre si e com os atuais usuários do espaço aéreo, bem como usos futuros que ainda não foram definidos. (Airbus, 2019).

Neste sentido, a seguir serão apresentados questões que o tráfego aéreo apresenta, no âmbito da indústria aeronáutica, apresentando assim alguns conceitos relevantes para um melhor entendimento do assunto, seguido do desafio da regulamentação e certificação que existe na implementação da UAM, e por fim o desafio do tráfego aéreo relacionado a rede elétrica.

2.3.1 TRÁFEGO AÉREO - CONCEITOS DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Alguns conceitos da indústria aeronáutica são bastante pertinentes e relevantes para um melhor entendimento da necessária adaptação do tráfego aéreo. A seguir, serão apresentados dois destes conceitos já estabelecidos e padronizados, e como estes poderão ser adaptados para uma nova realidade:

- ATM: Gerenciamento de tráfego aéreo (*Air Traffic Management*). As aeronaves são guiadas através do sistema ATM. Controladores de tráfego aéreo se comunicam com os pilotos através de rádios, e assim as aeronaves seguem as rotas com segurança. A operação padrão da indústria é esta comunicação direta, ponto a ponto, entre um operador e uma aeronave. Para que este sistema ATM se adapte para uma nova realidade, é preciso estar atento que a expectativa para o futuro é de que o crescimento do tráfego aéreo comercial poderá exceder a capacidade de um sistema centrado no ser humano. E diante desta situação, os sistemas ATM precisam mudar para um modelo mais escaláveis, ou seja, um sistema digital que possa monitorar e gerenciar o aumento da atividade, para atender a demanda das possíveis operações não tripuladas e autopilotadas.
- UTM: (*Unmanned Aircraft System Traffic Management*) é um sistema que proporciona o gerenciamento seguro, econômico e eficiente de operações de aeronaves não tripuladas. Este sistema, pode ser entendido como uma coleção de serviços em rede que se comunicam com base em regras comuns. As estruturas UTM são utilizadas globalmente, ou seja, em vez de um controle centralizado, o sistema utiliza uma rede distribuída, ou seja, abrindo possibilidades para mais

provedores de serviços. Este processo é vantajoso, já que com uma rede distribuída é viável abrir um leque de opções proporcionando também uma melhor adaptação à medida em que o mercado evolui e novas necessidades surgem. Quando analisamos este sistema para as potenciais mudanças de adaptações, na prática significa que as aeronaves não precisarão mais ter a comunicação apenas com uma única entidade, como um controlador de tráfego aéreo designado. Em vez disso, poderá se comunicar livremente com vários fornecedores de serviços, e estes cumprirão os padrões relevantes de segurança, proteção, e desempenho pelas autoridades e poderão ainda coordenar com o restante da rede para tomar decisões eficientes com base em objetivos de voos específicos. (Airbus, 2019).

Ainda em relação ao sistema UTM, a transição, como todo o processo de evolução, é gradualmente inserida na sociedade. Porém, mudanças são importantes para a viabilidade futura do sistema de aviação global.

Todo processo que envolve adaptação e mudanças, para ser implementado com sucesso, deverá seguir padrões e regras no âmbito mundial. Para isso, princípios e abordagens de conceitos da UTM seguirão padrões semelhantes entre os continentes.

Na Europa este sistema teve previsão de lançamento em 2020, e foi fornecido pela U-space. Nos EUA, a NASA está desenvolvendo um modelo privado conhecido como Fornecedores de Serviços de Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas, que são certificados pela *Federal Aviation Administration* (FAA). A Airbus UTM, o grupo da Airbus, responsável pelo desenvolvimento desta infraestrutura de gerenciamento de tráfego digital, já se encontra na etapa de construir soluções para contribuir com estas estruturas UTM; um provedor de serviços aprovado pela FAA LAANC (*Low Altitude Authorization and Navigation Capability*), nos EUA, o que significa que o Airbus UTM poderá fornecer autorizações da FAA para voos do sistema de aeronaves não tripulados perto dos aeroportos. (Airbus, 2019).

2.3.2 TRÁFEGO AÉREO - REGULAMENTAÇÃO E CERTIFICAÇÃO

Para que o tráfego aéreo se adapte a nova realidade, um dos principais desafios que merecem a atenção é em relação à regulamentação e certificação.

A AESA, órgão da União Europeia que regula a aviação comercial, possui uma expectativa de que os primeiros voos comerciais, utilizando o eVTOL, aconteçam entre 2024 ou 2025, e estes já iniciaram o processo de certificação de alguns dos projetos.

A Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos, também possui expectativa para as primeiras operações dos veículos de mobilidade aérea urbana neste mesmo período.

Conforme este tipo de mobilidade aérea se torne cada vez mais uma realidade, o financiamento do governo para melhorias de infraestrutura provavelmente poderá estar vinculado a regulamentações.

Ilustrado abaixo na figura 6, está o protótipo de eVTOL denominado Cora, da empresa americana Wisk, e em relação ao processo de regulamentação e certificação possui um destaque já que o modelo possui um acordo com o governo da Nova Zelândia para conseguir liberação da utilização do espaço aéreo. O protótipo possui 12 rotores e possui capacidade de alcançar velocidades de até 160 km/h, voando em uma altura de 1.500 pés, aproximadamente 457 metros.



Figura 6 - Cora, táxi voador da Wisk
FONTE: (Tim Hephher, CNN Brasil, 24/01/2022)

2.3.3 TRÁFEGO AÉREO – REDE ELÉTRICA

Outro fator de extrema importância é em relação à rede elétrica. Qual será a demanda necessária de rede elétrica para a utilização do eVTOL?

Com base na tecnologia da bateria atual, as aeronaves eVTOL provavelmente precisarão ser parcialmente ou totalmente recarregadas após cada missão. Pensando em tecnologias atuais disponíveis o tempo para realizar este carregamento pode impedir a alta utilização da aeronave, principalmente durante os

períodos de pico na demanda. Uma análise na rede elétrica atual deverá ser pensada e estudada para que suporte todo o impacto que irá sofrer significativamente, já que a quantidade de eletricidade necessária para alimentar uma frota elétrica não é trivial. (Garrow et al, 2021).

Ainda em relação à rede elétrica necessária, outro ponto a ser considerado é o custo das atualizações de rede para suportar as operações de UAM.

Estudos estimam que o custo para estender uma linha de serviço existente para suportar carregadores de 31 MW, esteja entre US\$ 75 mil e US\$ 100 mil, já o custo de uma nova linha de alimentação para suportar carregadores de 83 MW varia entre US\$ 2,6 mil e US\$ 1,3 milhão por milha, o equivalente a aproximadamente 1,6 km.

Tendo em vista todos estes aspectos, é necessário traçar diversas estratégias operacionais para reduzir as demandas de pico de energia e o custo de eletricidade. Otimizar, por exemplo, a recarga de bateria com trocas de baterias para obter reduções em custo e tempo. (Garrow et al, 2021).

2.4 INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA

Quando se estuda a infraestrutura aeroportuária é necessário avaliar em um primeiro momento, duas possibilidades:

- Utilizar a infraestrutura já existente nas cidades, e depois construir vertiportos específicos.
- Montar e operar os vertiportos, com o objetivo de criar uma conexão entre bairros e cidades. Como em comparação a terminais de ônibus ou estações de metrô, porém voando no ar. (Almeida, 2021)

O grande desafio é compreender melhor a operação e capacidade de processamento dos vertiportos, especialmente em locais com restrições de espaço no centro da cidade, para que, assim, seja possível a garantir a implementação conforme surgimento de novas aeronaves VTOL. Ao contrário da disponibilização de amplas pesquisas para operações de asa fixa, ainda existe um número bastante limitado de publicações dedicadas à operação de infraestrutura para aeronaves de Decolagem e Pouso Vertical (VTOL). (Vascik *et al.*, 2019).

Pensando em um pátio de estacionamento para aeronaves do tipo eVTOL é importante considerar que a infraestrutura necessária para operar um vertiporto é altamente dependente da sua utilização. Neste âmbito, se considerarmos que existem dois cenários possíveis, sendo eles:

- Pouca demanda de passageiros (1);

- Muita demanda de passageiros (2);

Considerando o cenário 1, uma única área de pouso e decolagem atende esta condição. Esta área é denominada FATO, sigla para *Final Approach and Take-OFF Area*, onde é possível um veículo pousar e decolar.

Já para o cenário 2, que exige uma maior demanda e consequentemente uma maior área de locais de pouso e decolagem para aeronaves do tipo eVTOL, seria adequado várias FATOs. Ou seja, um *hub* inteiro com várias FATOs, onde assim a capacidade é suportada por vários estandes que os passageiros podem embarcar e desembarcar do veículo. (Duff *et al.*, 2017).

Para ampliar o desenvolvimento da infraestrutura, no âmbito da mobilidade aérea urbana, interesses privados e interesses públicos se empenham em conjunto para que esta nova modalidade se torne uma realidade. Sendo assim, diferentes tipos de infraestruturas devem ser estudados, sendo elas: (Straubinger *et al.*, 2021).

- Infraestrutura terrestre: É importante ressaltar que para que a implementação da UAM se torne uma realidade é necessário avaliar todo um conceito de infraestrutura dedicada. Ou seja, considerar um estudo mais aprofundado, avaliando uma demanda de uma infraestrutura personalizada. Questões específicas como por exemplo, instalações para decolagem e pouso, verificação de segurança, banheiros para os usuários, entre outros requisitos, devem ser pensadas. Até o ano de 2021 haviam apenas algumas publicações realizadas na área de projeto de vertiportos e até então não existiam regulamento para estes. (Straubinger *et al.*, 2021)
- Infraestrutura UTM: Conforme apresentado e descrito no item 2.3.1, o conceito de UTM também é válido para o estudo da infraestrutura deste. Como mencionado anteriormente, grande parte do tráfego ocorrerá em espaço aéreo ainda não regulamentado, por isso a urgente necessidade de configurar um sistema UTM para serviços UAM comerciais. Diferentes configurações organizacionais, limites de segurança e identificação remota estão sendo discutidos e evoluindo cada vez mais. O desafio principal é lidar com a questão de como as capacidades limitadas do espaço aéreo que já existem hoje, podem ser utilizada para a aviação tripulada e ao mesmo tempo conciliarem com os veículos aéreos não tripulados. A competição do próprio espaço aéreo já apresenta riscos para os procedimentos operacionais, pois a exploração econômica de drones de transporte pode depender de decisões de órgãos reguladores sobre quem recebe o espaço aéreo e o acesso ao terminal durante os períodos de congestionamento. Questões críticas de atrasos

operacionais representam um dos principais ativos de tecnologia especialmente na competição com o transporte terrestre de passageiros. (Straubinger *et al.* , 2021).

Uma das maiores barreiras operacionais para implementar a UAM nas cidades foi a restrição da disponibilidade da área de pouso e decolagem (FATO). De acordo com um levantamento realizado em 2016 pela empresa Uber, são necessários estudos estratégicos para identificar localizações nas proximidades de áreas de demanda de usuários para que as operações da UAM sejam implementadas em grande escala.

Ainda em relação à restrição da disponibilidade da área de pouso e decolagem (FATO), pesquisas realizadas mundialmente contribuíram significativamente para que o desafio de localização de vertiportos obtenha uma solução. Fatores como a capacidade que as cidades possuem para localizar vertiportos em função do espaço disponível, economia e aceitação pública.

Outro desafio, é que além da localização estratégica os vertiportos também precisam ser capazes de transportar aeronaves e passageiros suficientes para suportar o ritmo operacional de um sistema UAM em escala que excede em muito as capacidades tradicionais do heliponto. (Vascik *et al.*, 2019).

Portanto pensando na infraestrutura aeroportuária como um todo, de fato são diversos desafios para a implementação da UAM.

Abaixo estão listadas algumas das limitações já existente e o respectivo impacto que cada uma destas geram:

- Planeamento aéreo: pode ser considerado um componente crítico para a programação de voos.
- Rendimento da pista: fator limitante do rendimento do sistema de transporte aéreo.
- Restrição da capacidade: terminais, controle de tráfego aéreo e programação de voos são projetados à medida da restrição da demanda de passageiros.

A Figura 7 abaixo ilustram quatro tipos de limitações, pensando exclusivamente na restrição de capacidade, sendo elas: a capacidade do espaço aéreo, do aeródromo, do terminal, e do acesso terrestre. (Vascik *et al.*, 2019).

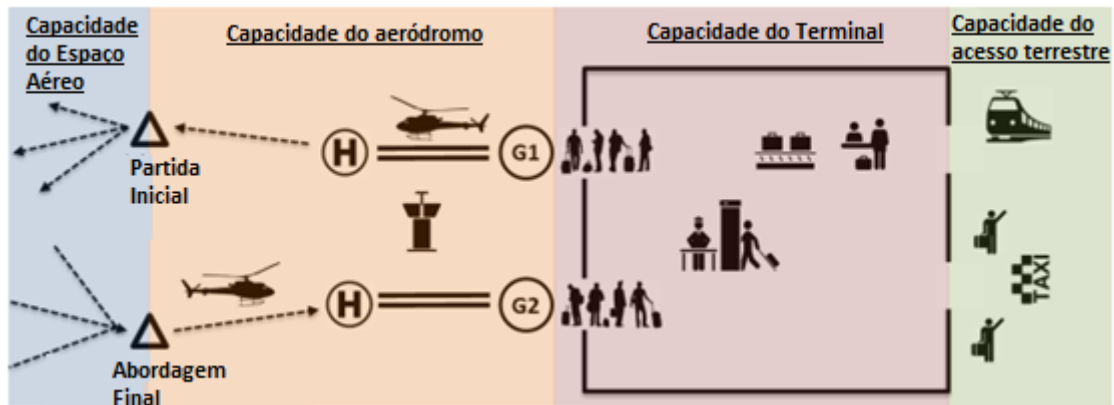


Figura 7 - Diagrama dos quatro processos de limitação de capacidade de operação de vertiportos
 Fonte: (Traduzido de (Vascik *et al.*, 2019).

Para que uma operação de um vertiporto seja bem sucedida, é necessário primeiramente estudar as operações do heliponto tanto historicamente, como sua operação atual; definir um modelo genérico para um potencial vertiporto. Realizado esta etapa, é preciso também representar as operações deste vertiporto, levando em consideração os parâmetros operacionais e de infraestrutura. Em seguida, como sugestão, é proposto formular um programa determinístico de operações de vertiportos para avaliar as mesmas variáveis citadas acima (parâmetros operacionais e de infraestrutura). Esta sequência de operações esta ilustrada na figura 8 abaixo.

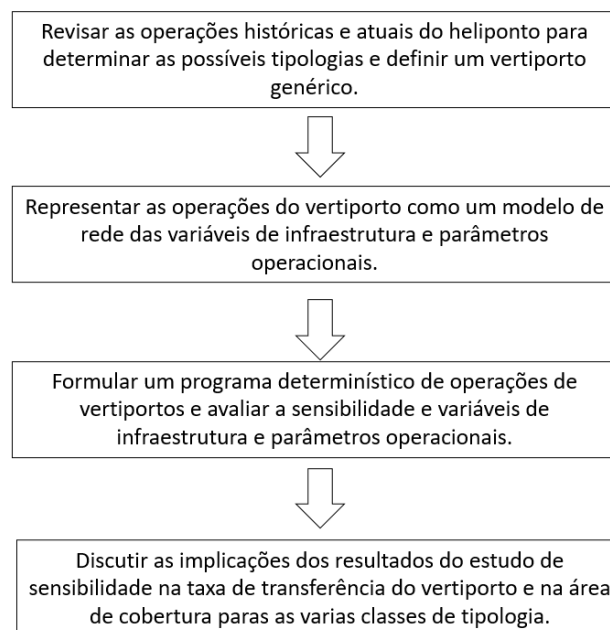


Figura 8 - Definição da capacidade Vertiport e abordagem de estudo de sensibilidade
 Fonte: (Traduzido e adaptado de (Vascik *et al.*, 2019).

Para a UAM se torne viável, é necessário a integração da infraestrutura existente da cidade de maneira aceitável para as comunidades locais, paralelamente ao fornecimento de níveis de serviço para oferecer uma economia de tempo em relação aos modos existentes a um preço acessível para a população. (Garrow *et al.*, 2021).

Pensando na infraestrutura aeroportuária, outra fator a ser pensado é a necessidade de um estudo aprofundado para verificar o espaço necessário para um pátio de estacionamentos para aeronaves do tipo eVTOL, isto porque existem diversas limitações de infraestrutura nos grandes polos urbanos.

Na figura 9 abaixo, podemos observar justamente estas dimensões e verificar que para o exemplo do eVTOL é importante considerar uma área bastante considerável se compararmos ao helicóptero tradicional, e o mesmo para o helicóptero de rotor duplo. (Vascik *et al.*, 2019)

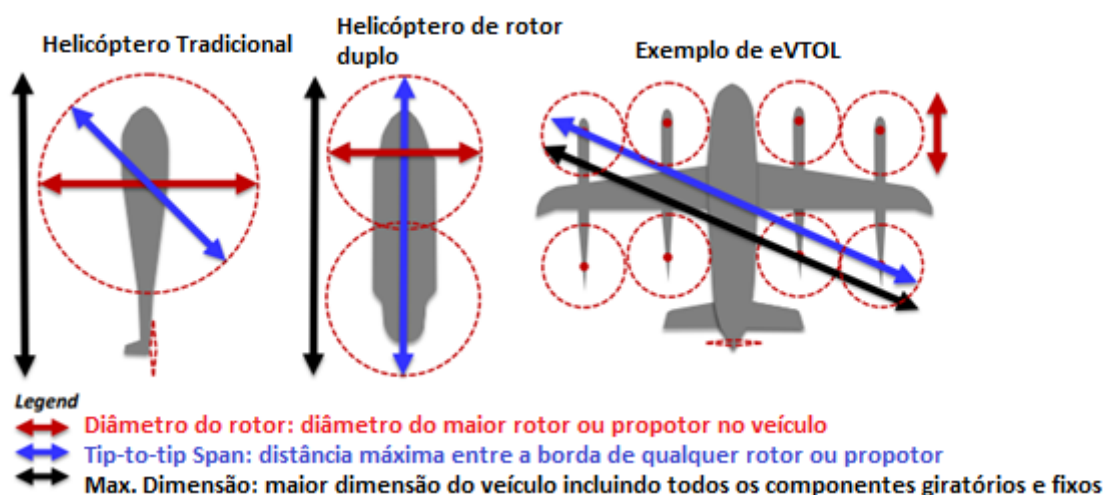


Figura 9 - Medições de projeto Vertiport, por exemplo, aeronaves eVTOL

Fonte: (Traduzido de (Vascik *et al.*, 2019).

Diante de tantos desafios, a questão que fica é a proposta de estudo em que a comunidade da aviação necessita discutir e se esforçar para que a integração deste modal seja feita com segurança e com o aceito populacional.(Garrow *et al.*, 2021).

2.5 FINALIDADE

Uma das principais atribuições de uso da mobilidade aérea urbana, UAM, é o conceito da utilização de veículos elétricos de decolagem e pouso vertical. A expectativa é que a UAM seja uma alternativa de transporte de passageiros e mercadorias em áreas urbanas, melhorando e contribuindo, assim, de forma significativa para uma mobilidade aérea melhorada, utilizando baixa altitude dentro do espaço aéreo. (Zhao *et al.*, 2021).

A expectativa é que será viável uma transformação nos grandes polos urbanos de duas dimensões (2D) para três dimensões (3D), por meio da mobilidade aérea urbana.

Considerando a inovação tecnológica cada vez mais presente, as aeronaves do tipo eVTOL estão sendo prototipadas e devem ser pilotadas e ser uma realidade nos próximos anos. As configurações para este novo tipo de voo exigem esquemas com alto índice de controle, visto que estas aeronaves envolvem grandes desafios operacionais. (Pavel, 2022).

Um ponto importante de destaque, é o fato de investir menos em infraestrutura, como grandes aeroportos, já que as aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOL) possuem capacidades de decolagem e pouso vertical e atendem ao mercado de mobilidade aérea urbana e regional. (Beyne, 2022).

Outro aspecto a considerar, é em relação à criação de empregos e oportunidades que a implementação deste modal poderá gerar. Na Europa, a AESA estima que esse mercado valerá 4,2 mil milhões de euros, podendo a UE centralizar 31% da produção mundial e criar cerca de 90 mil empregos até 2030.

Em relação aos potenciais mercados de eVTOL no período de 2030-2040, à princípio serão os seguintes países: Singapura, EUA, Emirados Árabes Unidos, Japão, China, países do Leste Asiático e América do Norte, e transporte interilhas de passageiros e cargas no Caribe são alguns dos locais propostos para a implementação do UAM. (Koumoutsidi *et al.*, 2022)

Outra consideração é o fator preço para usuários deste modal. A estimativa é que em alguns anos o preço de um voo de eVTOL entre Manhattan e o aeroporto seja o mesmo preço de um táxi ou um uber. (Teixeira Jr., 2021).

2.6 IMPACTO AMBIENTAL

Atualmente existe uma grande preocupação globalmente, seja diante de uma nova mobilidade aérea, ou seja de modais já existentes, que é o impacto ambiental causado. A indústria da aviação gera cerca de 2,5% das emissões globais de CO₂, relacionadas à energia. Este dado é preocupante no quesito do impacto

ambiental e por isso é uma preocupação cada vez mais constante no impacto que estes meios de transportes provocam.

Com o avanço do tempo, as preocupações com o futuro da aviação ganham cada vez mais relevância. Como mencionado anteriormente, os eVTOLs são caracterizados por sua capacidade de decolar e pousar verticalmente, sem a necessidade de uma pista, que pode ser combinado com um voo aerodinâmico eficiente de um avião. Com isto, a expectativa é de um futuro promissor para estas aeronaves, principalmente em áreas congestionadas e em regiões geográficas limitadas. Neste sentido, uma questão a ser estudada é o avanço tecnológico em relação as baterias. (Melo *et al.*, 2020).

Em média os eVTOLs podem acomodar, a princípio, seis passageiros. A principal tecnologia é a propulsão elétrica distribuída (DEP), que oferece novas oportunidades de projetos otimizados, permitindo reduções significativas nos custos operacionais, ruído e emissões. (Melo *et al.*, 2020).

Ainda é necessário bastante estudo para a operação do eVTOL do ponto de vista da influência das diferentes tecnologias de bateria no impacto ambiental e de como será a produção e operação destas.

Outro ponto que deve ainda ser explorado é o impacto de um possível aumento do tamanho do sistema de bateria com o objetivo de alcançar alcances mais longos. Neste sentido, como ainda não há regulamentação oficial para os VTOLs, quanto aos requisitos de reserva de energia para emergências, assume-se uma reserva de 20% da capacidade da bateria. (Melo *et al.*, 2020).

Na figura 10 abaixo, está ilustrado o perfil da missão de voo para eVTOL:

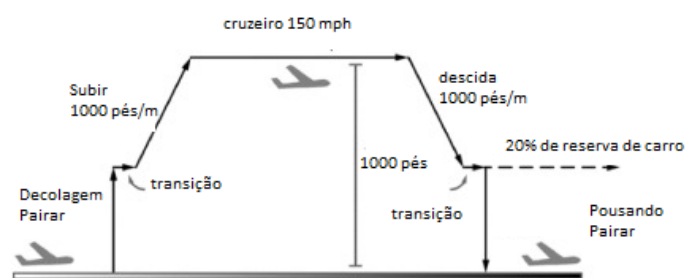


Figura 10 - Perfil da missão de voo
Fonte: (Traduzido de Melo *et al.*, 2020).

Podemos observar o perfil da missão de voo de um eVTOL consiste nas seguintes fases: (Melo *et al.*, 2020).

- Decolagem vertical;
- Subida de asa fixa;
- Cruzeiro de asa fixa;

- Descida de asa fixa e pouso vertical.

Importante também observar na imagem 10 a porcentagem de 20% para reserva da capacidade da bateria como mencionado anteriormente.

Em uma análise de comparação entre diferentes países, existem distintas possibilidades de emissões químicas das baterias presentes nas emissões da operação de eVTOLS, como ilustrados na figura 11 abaixo.

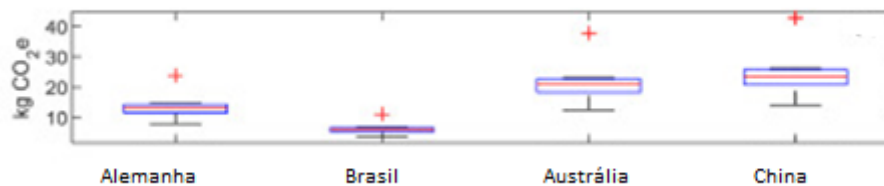


Figura 11 - Variabilidade das emissões químicas por operação de eVTOLS
Fonte: (Traduzido de Melo *et al.*, 2020).

Podemos observar que a menor intensidade de carbono foi da rede do Brasil, devido à maior participação de renováveis na matriz energética, resultando em emissões significativas menores em comparação a outros países, particularmente com a China, já que a maior parte da eletricidade é oriunda do carvão.(Melo *et al.*, 2020).

2.7 DESAFIOS FUTUROS

Considerando os itens apresentados ao longo desta dissertação, podemos afirmar que não é fácil e nem imediata a implementação da UAM.

Para que esta implementação se torne uma realidade é importante ressaltar diversos desafios que existem.

A seguir, estão caracterizados os principais desafios que esta implementação apresentará, seguido do contexto e limitações de cada um.

- Regulamentação (1);
- Fornecimento de peças (2);
- Impacto sonoro e ambiental (3);
- Baterias dos veículos (4);
- Motores elétricos (5);

- Requisitos aos meios de comunicação ATC (6);
- Aceitação social (7).

Regulamentação (1): Um dos maiores desafios é sem dúvidas o processo de regulamentação e certificação para que a implementação da UAM seja viável. As aeronaves elétricas de pequeno porte com capacidade de decolagem e pouso vertical (eVTOL), serão utilizadas tanto para o transporte de passageiros quanto para transporte de bens. A princípio com previsão de operarem em grandes centros urbanos, estas aeronaves requerem regras e regulamentos bastante específicos em aspectos de segurança de voo e regulamentação do espaço aéreo.

Os desafios futuros para que o mercado de empresas de eVTOL tenham de fato liberação para voar no espaço aéreo são muitos, como submeter a rígidos testes reguladores, cumprindo padrões de segurança, de certificação ou regulamentações locais contra ruído excessivo. Além disto, existem muitos desafios para um sistema regulatório e infraestruturas para o ecossistema eVTOL, sendo necessário criar rotas e serviços competitivos. (Paul *et al.*, 2020).

Fornecimento de peças e elevado custo (2): Outros empecilhos para este mercado são as novas cadeias para fornecimento de peças. Os fabricantes de veículos voadores não poderão simplesmente recorrer à indústria automotiva para este fornecimento, visto que estas empresas não cumprem os requisitos necessários de qualidade exigidos na engenharia aeroespacial. Além do alto custo da manutenção que pode tornar a rentabilidade deste serviço mais difícil. Os encargos operacionais com os eVTOL poderão ser superiores ao preço que as operadoras poderão cobrar por passageiro em voos curtos. (Catulo, 2021).

Impacto sonoro e ambiental (3): O impacto da avaliação sonora e ambiental é um fator bastante relevante quando se trata da discussão da proposta de aceitação na comunidade como um todo.

As aeronaves com emissões zero de decolagem e aterrissagem vertical elétrica para passageiros e carga estão sendo desenvolvidas por inúmeras *startups*, fabricantes de aviões ou marcas de automóveis, porém ainda existe um caminho considerável a percorrer até conseguirem atingir desempenhos lucrativos. (Catulo, 2021).

Neste sentido, estudos e discussões têm o objetivo de ajudar a reduzir o aumento do congestionamento do tráfego, especialmente em grandes centros urbanos. Sempre preocupado e buscando veículos em desenvolvimento para focar em métodos de propulsão voltados ao cuidado do meio ambiente e sustentabilidade, sendo por propulsão híbrida ou elétrica. Sendo assim, a introdução desta tecnologia possui uma expectativa não apenas de desafogar a atual rede de tráfego, mas também de uma forma sustentável, sem deteriorar ainda mais o impacto ambiental global. O desafio, portanto, consiste em

definir cenários e infraestrutura para podermos planejar, simular e executar de fato a integração deste inovador modelo de mobilidade aérea, como podemos observar na figura 12 abaixo (Feldhoff *et al.*, 2021).

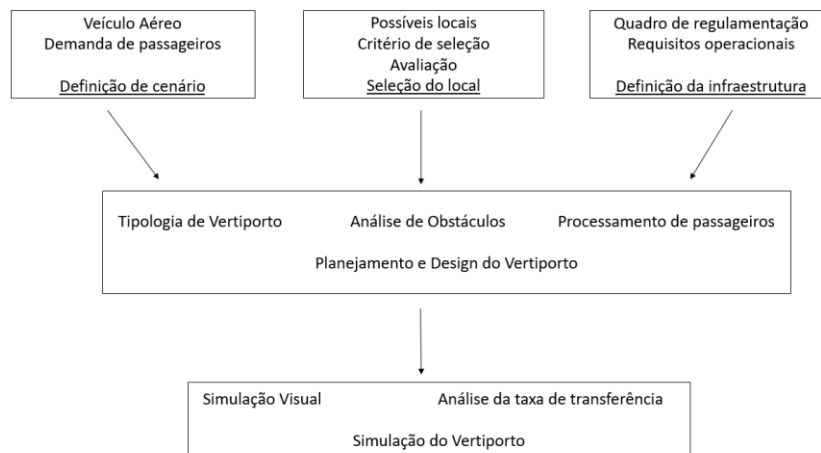


Figura 12 - Fluxograma da metodologia de estudo
Fonte: (Traduzido de Feldhoff *et al.*, 2021).

Baterias dos veículos (4): Do ponto de vista tecnológico, o principal desafio diz respeito às baterias dos veículos, no entanto os eVTOLs são pensados para viagens de curta distância na mesma cidade ou em cidades próximas. (Almeida, 2021)

Os conceitos de VTOL elétricos geralmente enfrentam limites rígidos em relação ao alcance que são conduzidos principalmente por limites na densidade de energia das baterias que existem no mercado atualmente. Sendo assim, as configurações de veículos híbridos-elétricos são de bastante interesse de muitos fabricantes de veículos. (Straubinger *et al.*, 2021).

Motores elétricos (5): Quando se pensa em avanço tecnológico aeronáutico, para UAM, mobilidade aérea urbana, as aeronaves do tipo eVTOL requerem novos esquemas de controle de voo como controle adaptativo ou controle tolerante a falhas, pois estas exigem grandes desafios operacionais. Esta nova configuração de projeto está diretamente relacionada com a disponibilidade de motores elétricos confiáveis. Estes motores são controlados por controladores de *feedback* eletrônico de circuito fechado com sensores altamente velozes.

Este tipo de sistema de controle pode comandar rapidamente mudanças de velocidade nos motores. Os motores elétricos oferecem capacidades de empuxo para modos alternativos de diferentes manobras de aeronaves, por meio de propulsão elétrica distribuída. Porém, o grande desafio tecnológico para os sistemas de controle de voo está em saber como irão funcionar os módulos de comando e o controle não

convencional, aplicados a novos sistemas com diversos graus de automação e autonomia em *designs* não convencionais. Para isso, é necessário novos controladores que deverão ser projetados e programados adequadamente para que as aeronaves eVTOL voem com segurança, estabilidade e precisão. (Pavel, 2022).

Requisitos aos meios de comunicação ATC (6): Outro desafio que esta mobilidade enfrenta está nos requisitos relativos aos graus de automação e tecnologias de navegação e comunicação para reduzir os custos. Requisitos relativos aos meios de comunicação com o Controle de Tráfego Aéreo (ATC) e navegação precisam ser atualizados e com uma maior aplicabilidade que requerem a interferência na aviação comercial e aeroportos.

Aceitação social (7): Uma barreira não relacionada a questões técnicas e sim o fato da aceitação e adoção da sociedade deste novo tipo de modal. Em pesquisas de mercado, a aceitação existente é citada como um pré-requisito para que o UAM seja implementado em uma escala economicamente viável no futuro.

Pensando no âmbito das ciências sociais duas abordagens distintas para a aceitação devem ser distinguidas. A primeira é em relação à atitude sociopolítica de tolerar ou aprovar a tecnologia a ser utilizada no espaço público. E a segunda perspectiva é em concentrar em saber se os clientes em potencial estão dispostos a escolher ativamente o UAM como seu modo de transporte.

O desafio então é identificar os critérios pelos quais a tecnologia e os serviços deverão ser projetados em termos de valor social, bem como a utilização para seus potenciais clientes. (Straubinger *et al.*, 2021).

2.8 EMPRESAS ENVOLVIDAS

Diante da alta expectativa para que a mobilidade aérea avançada se torne uma realidade, empresas que possuem alto patrimônio e que são conhecidas mundialmente, apresentam atualmente propostas bem interessantes para a comercialização do eVTOL.

Em 2016, haviam poucas propostas de projetos conhecidas, porém, atualmente, são mais de 450 empresas que estão desenvolvendo protótipos a nível internacional, incluindo *startups* como Kitty Hawk (EUA), Lilium (Alemanha), Joby Aviation(EUA), E-Hang (China), Volocopter (Alemanha), entre outras.

Além também das conhecidas “Big Four” empresas de tecnologia dos EUA – Amazon, Google, Apple e Facebook, indústrias bem estabelecidas por meio da inovação tecnológica estão empenhadas nos empreendimentos de aeronaves eVTOL, colocando um vasto capital de risco e capital humano altamente talentoso nesses esforços. (Pavel, 2022)

Alguns exemplos de empresas que estão avançadas em seu processo de comercialização são:

- Hyundai (sediada em Seul, Coréia do Sul);
- Volocopter (sediada em Bruchsal, Alemanha);
- Gol e Azul, (ambas sediadas no Brasil);
- Embraer (sediada em São José dos Campos, Brasil).

Para obter o conhecimento e a atualização de como estão o processo de fabricação de protótipos de empresas ao redor do mundo, a seguir estão apresentados um panorama de como estão o andamento, os desafios e a expectativa de cada organização, respectivamente.

A começar pela empresa coreana Hyundai, em 2019 foi criada uma divisão exclusiva para a mobilidade aérea, liderada pelo ex-engenheiro da NASA Jaiwon Shin. O protótipo da empresa possui uma expectativa de capacidade para cinco a seis passageiros, e é movido a bateria elétrica. A Hyundai aposta também em desenvolver transporte para carga comercial. Um ecossistema de serviços em torno dos veículos voadores está sendo desenvolvido, incluindo uma parceria com a empresa Uber, que promete a possibilidade do uso de compartilhamento destes modais.(Ribeiro, 2022).

Já no final de junho de 2021, a empresa alemã Volocopter realizou o primeiro voo do seu táxi aéreo no aeroporto de Bourget, na França. O voo contou com 500 metros em três minutos e possui um plano de realizar o primeiro serviço operacional pronto para as Olimpíadas de Paris, em 2024. A aeronave contém algumas semelhanças a um pequeno helicóptero, com capacidade de dois passageiros, além do bagageiro. (Diário do Povo Online, 2021).

No Brasil, as empresas comerciais de aviação GOL e Azul têm acordos para receber a partir de 2025 seus primeiros eVTOLs, que serão produzidos por empresas europeias.

Já em Portugal, os primeiros táxis voadores têm previsão de sobrevoar as cidades portuguesas em 2024. *Startups*, fabricantes de automóveis e de aviões possuem expectativa de inaugurar estes serviços nos próximos anos, porém o maior empecilho é a integração com o espaço aéreo já existente, por meio de regras regulamentadas para o uso do espaço aéreo atual, certificações padronizadas, ou seja, é necessário de fato uma atualização da rede de infraestrutura aérea, ou então de desempenhos mais rentáveis por parte das empresas.

No continente norte americano as empresas que mais se destacam no avanço da fabricação de protótipos do eVTOL são a General Motors (GM) e a Boeing. A primeira destas (GM), possui uma expectativa de estar apta a lançar um serviço de táxi aéreo antes de 2025. Já a segunda empresa (Boeing) se uniu com a empresa alemã Porsche, em 2019, para desenvolver um veículo exclusivo de mobilidade aérea urbana. (Bom dia Suíça, 2021).

Diferentemente de outras empresas, uma novidade no setor é o protótipo de um micro-ônibus elétrico de decolagem e aterrissagem vertical fabricado pela *startup* Kelekona, como ilustrado na imagem 13:(Eletric vTOL News, [s.d.])



Figura 13 - eVTOL da startup Kelekona, com capacidade de até 40 passageiros
Fonte: (Eletric vTOL News, [s.d.])

O Kelekona é totalmente diferente dos demais protótipos, pois está configurado para transportar uma capacidade de até 40 passageiros, ou então até 4.540 kg de carga, ou seja, caracterizando este protótipo com uma capacidade muito acima dos demais apresentados até então. Para a Kelekona se tornar uma realidade, organizações de renome altamente reconhecidas mundialmente estão empenhadas em fabricar este protótipo, como por exemplo Tesla, Hyperloop, Ford, General Motors, Motorola, Dupont e NASA. Uma característica interessante é que o Kelekona segue a abordagem de transporte público, e para ter um conhecimento do tempo esperado de viagem, o protótipo possui expectativa de realizar uma distância equivalente de Porto até Lisboa em menos de uma hora. Devido ao *design* da aeronave, como observado na figura 13, é que o Kelekona também poderá ser utilizado como drone de entrega de carga urbana pesada, ambulância aérea e também por forças militares. A expectativa é que os primeiros voos do protótipo sejam realizados em 2023. (Eletric vTOL News, [s.d.])

2.8.1 CASO ESPECÍFICO DA EMBRAER

A empresa brasileira Embraer é uma importante concorrente no mercado. Sediada em São José dos Campos (localizada dentro do Estado de São Paulo), a empresa já possui contrato de entrega de duas centenas de veículos à empresa Halo, que fornece serviços aéreos nos EUA e Reino Unido. (Moreira, 2021)

O novo conceito da empresa, o “EmbraerX”, foi revelado em 2019 em um evento realizado em Washington (EUA), como ilustrado nas figuras 14 e 15. (Galante, 2019).



Figura 14 - Perspectivas do layout do EmbraerX
Fonte: (Galante, 2019).

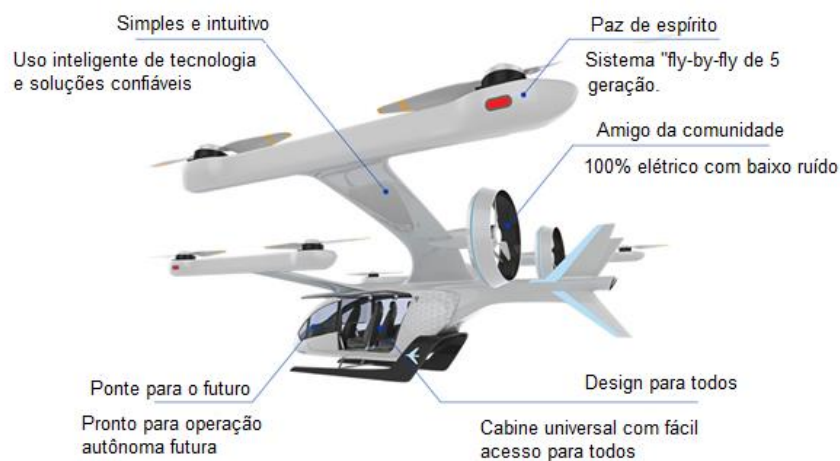


Figura 15 - Características presentes no EmbraerX
Fonte: (Traduzido de Galante, 2019)

Este protótipo possui altas expectativas com perspectivas futurísticas na indústria aeroespacial. Uma das características deste protótipo são os elevados níveis de sistemas de segurança, além do sistema

propulsor de oito rotores, que permite a sustentação ao longo de sua extensão e com emissão de baixo ruído. A expectativa também é que o novo veículo aéreo seja compartilhado (parceria com a empresa Uber), além de ser sustentável e seguro.

Em relação às regras regulamentadoras e o uso do espaço aéreo, a Embraer possui diversas parcerias com controladores de tráfego aéreo, pilotos, especialistas no setor, para a elaboração de um projeto de tráfego aéreo urbano e simples, porém eficiente, com o objetivo de permitir que mais aeronaves operem nos grandes centros urbanos. (Galante, 2019).

Em relação à expectativa de lançamento, a empresa estima que em 2026 estará no mercado. O modelo ilustrado na figura 16 abaixo possui 10 hélices movidas por motores elétricos, além da possibilidade de adicionar mais dois rotores para melhoria do desempenho em voos de cruzeiro.



Figura 16 - eVTOL brasileiro, homenageará piloto Ayrton Senna
Fonte: (Fadini, 2021)

Para obter a autorização de testes no espaço aéreo brasileiro, é necessário que todos os voos obtenham supervisão da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Outro aspecto interessante a observar no protótipo da empresa Embraer é a questão do veículo ser ou não autônomo. Isto porque, atualmente o protótipo intitulado como “Eve”, está em processo de testes com *softwares* que realizam a *interface* entre o carro voador com o piloto. Porém, a grande expectativa é que o veículo seja totalmente autônomo, ou seja, sem a necessidade de um ser humano no comando.

Outra característica do carro voador da empresa Embraer é que, assim como os demais protótipos de outras empresas, como mencionado anteriormente, existe a ideia do veículo ser como um carro de

aplicativo, ou seja, o uso compartilhado, com a mesma linha da empresa Uber (assim como os demais). O intuito é que o cliente possa pedir o carro por um simples comando em seu *smartphone* e embarcar sem nenhuma burocracia ou empecilhos, otimizando assim o tempo de embarque/desembarque de passageiros. (Fadini, 2021)

2.8.2 EMPRESAS ENVOLVIDAS NO ÂMBITO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

Conforme foi comentado, um dos principais desafios para que a UAM se torne de fato uma realidade é a questão do processo de certificação e regras regulamentadoras. Neste sentido, a empresa americana Joby possui o processo de certificação mais avançado em comparação às demais empresas. É importante comentar sobre este fato, por justamente demonstrar em que patamar e em que fase as empresas, a nível global, se encontram em relação a este imenso desafio.

A empresa Joby, comentada anteriormente, se encontra avançada neste processo, pois esta firmou contrato com o *Federal Aviation Administration* (FAA), órgão regulador do setor aéreo dos EUA, que estabelece os requisitos que devem ser cumpridos pelas aeronaves. Até o ano de 2021 nenhuma outra companhia de eVTOL possuía um contrato deste tipo.

Em paralelo com a empresa anteriormente mencionada (Joby), no continente europeu o destaque para a empresa que também está avançada no processo de certificação é a alemã Lilium (figura 17). Assim como aconteceu com a americana Joby, a empresa Lilium também possui contrato com o órgão regulador do setor aéreo, porém da Europa. A European Union Aviation Safety Agency (EASA), concedeu ao projeto da empresa os primeiros documentos necessários para voar (Dyniewicz, 2021)



Figura 17 - Protótipo eVTOL empresa alemã Lilium
Fonte: (Dyniewicz, 2021).

2.8.3 EMPRESAS ENVOLVIDAS NO ÂMBITO DA SUSTENTABILIDADE

Diante de inúmeros desafios ambientais, propostas de inovações são pensadas cada vez mais na busca de soluções para um mundo mais sustentável. Pensando então no âmbito da sustentabilidade e no processo de fabricação das novas empresas envolvidas na comercialização do eVTOL, a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA), visa reduzir as emissões de CO₂ em 75% e a queima de combustível em 70% em comparação com os níveis de 2005, em um prazo de 2030-2035. (Rendón *et al.*, 2021).

Podemos citar como exemplo, alguns programas que são relevantes para o conhecimento e que possuem o intuito de focar no desenvolvimento de tecnologia de aeronaves certificáveis para a redução de consumo de combustível, voo silencioso, redução de emissões de gases do efeito estufa, como CLEEN (EUA), GARDN (Canadá), Clean Sky, e Clean Aviation na União Europeia (EU). (Rendón *et al.*, 2021).

Assim como comentado anteriormente, o modelo de protótipo da empresa brasileira Embraer (Eve), possui a proposta de baixo ruído e zero emissão de carbono. O protótipo é uma das primeiras soluções sustentáveis no meio da mobilidade, com o objetivo de melhora na qualidade de vida mundial. (Fadini, 2021)

Pensando ainda no contexto de sustentabilidade, e sobre as expectativas que o cenário brasileiro possui, o Ministério da Infraestrutura do Brasil, acredita que os perfis de voos para as futuras aeronaves do tipo eVTOL sejam totalmente elétricas, diminuindo, assim, a queima de combustível, e sendo uma projeção para um cenário futurístico. (Rendón *et al.*, 2021).

Ainda em relação à eletrificação das aeronaves, companhias aéreas como a canadense Harbour Air, esperam eletrificar sua frota nos próximos anos, trazendo assim, benefícios em questões de redução de custos e ruídos. Pequenas companhias aéreas europeias como SAS, Widerøe, e EazyJet, também já iniciaram parceria para desenvolver aeronaves totalmente elétricas. (Rendón *et al.*, 2021).

2.9 DIFERENTES MODELOS DE NEGÓCIOS

Como sugestão para que os operadores aeroportuários possam definir sua abordagem em relação à adaptação para a mobilidade aérea avançada, AAM, deverão ser criados modelos de negócios baseados em alguns conceitos relevantes, como por exemplo:

- Leve toque: Um modelo que se concentra em redirecionar ativos existentes, como terminais de aviação executiva, implementar o carregamento elétrico, planejar uma infraestrutura de hidrogênio ou criar uma infraestrutura para acomodar voos AAM. Quando a demanda crescer, os aeroportos deverão investir em ativos maiores.
- Investimento dedicado: Este modelo tem como conceito em que os aeroportos reservariam terrenos e forneceriam o carregamento elétrico, a infraestrutura de hidrogênio para os terminais AAM. Também desenvolveriam planos para integrar os viajantes AAM no fluxo de passageiros por meio das instalações dos aeroportos.
- Apostando na AAM: Além de fazer investimentos dedicados nas instalações existentes, este modelo exige que os aeroportos codesenvolvam e/ou operem vertiportos em sua área de captação, seja como empresa própria ou como serviços a terceiros. (Brummer *et al.*, 2021)

Os veículos terrestres elétricos e/ou autônomos (Evs, e/ou Avs) podem ser relacionados com os modais da UAM, quando se trata da integração da infraestrutura urbana, já que ambos modais possuem novas tecnologias e características semelhantes, como as seguintes:

- Questões de operações: ambos dependem do carregamento de bateria e de recursos de carregamento rápido.
- Lucratividade: ambos são influenciados por fatores que incluem a aceitação da comunidade e a disposição do pagamento do consumidor final.
- Compartilhamento de viagens: a UAM possui um conceito bastante forte na questão do uso compartilhado de viagens, trazendo semelhança aos conceitos de uso de compartilhamento

terrestre, especialmente veículos autônomos compartilhados (SAVs), e veículos elétricos autônomos (SAEVs).

Neste contexto existem as inter-relações entre tecnologias autônomas, elétricas e de compartilhamento de transportes, e podem ser observadas na figura 18: (Garrow *et al.*, 2021)

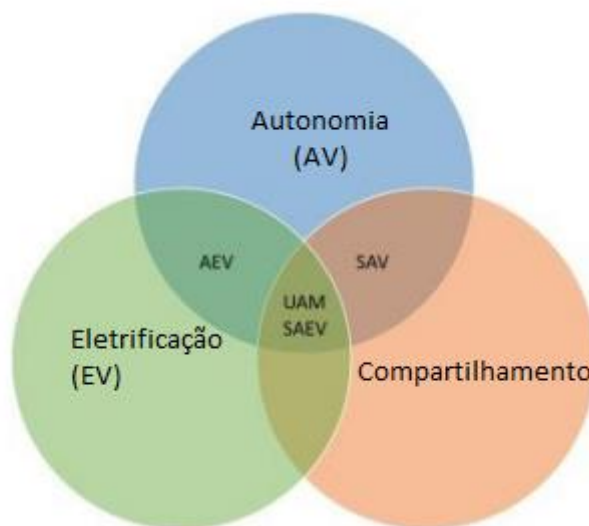


Figura 18 - Inter-relação de tecnologias autônomas, elétricas e de compartilhamento na literatura de transporte

Fonte: (Traduzido de Garrow *et al.*, 2021)

As operações que envolvem voos curtos de eVTOL e os possíveis modelos de negócios podem ser desenvolvidos como sugestões de possíveis infraestruturas de locais de pouso e decolagem para este modal, os chamados vertiportos, para que assim seja viável a integração nos centros urbanos. Alguns exemplos de sugestão de vertiportos seriam aeroportos e helipontos preexistentes, grandes estádios, ou casas de espetáculos que não são mais utilizados, terrenos baldios, entre outros.

Diferentes tipos de demanda sugerem diferentes tipos de caminhos ideais para locais de vertiportos. Modelos de negócio são necessários para estudar os locais que seriam mais apropriados para a localização dos vertiportos. Pesquisar os possíveis locais de pouso e decolagem, verificar a viabilidade do local, considerar fatores como a distância do aeroporto, tempo de embarque e desembarque para os passageiros, logística de trajetórias, entre outros desafios demandam um estudo bastante aprofundado.

Como exemplo, podemos verificar a seguinte situação: rotas para aeronaves do tipo eVTOL que transportam passageiros para o Aeroporto Internacional de Tampa (TPA), EUA. Como sugestão de modelo

de negócio para locais de vertiportos, existem três possibilidades de locais de possíveis vertiportos, sendo eles:

- Heliponto localizado a duas milhas do aeroporto, equivalente a aproximadamente 3,21 km;
- Cobertura do estacionamento econômico na área do terminal principal;
- Cobertura da garagem de aluguel.

Do ponto de vista dos passageiros, verificou-se que a cobertura do estacionamento econômico é ideal, já que reduz o tempo de chegada aos portões comerciais ao mesmo tempo em que permanece dentro de uma área segura. Porém, esta localização apresenta maiores desafios com a logística de trajetórias, pois assim as aeronaves precisariam pousar entre duas pistas paralelas.

Uma outra alternativa de abordagem para que novas utilizações do espaço aéreo sejam viáveis para as operações do eVTOL, é identificar analiticamente o espaço aéreo terminal separadamente da forma processual das operações de grandes aeronaves. Como exemplo a necessidade de verificar a porcentagem da população de uma cidade ter viabilidade, ou não, da acessibilidade de vertiportos operando sob regras de voo visual, e sem limitações de controle de tráfego aéreo (ATC). (Garrow *et al.*, 2021)

Para o recebimento da UAM, os vertiportos podem servir como extensões físicas dos aeroportos existentes, e assim fornecer uma porta de entrada para voos com origem nos centros das cidades.

Outro fator a ser levado em consideração é a geração de novas receitas que os aeroportos iriam receber com a utilização da UAM. Assim, como os aeroportos cobram taxas às companhias aéreas, o mesmo poderia ser feito com as taxas de pouso dos operadores da UAM. Além destas taxas, poderia receber também valores para serviços adicionais por uso da infraestrutura ou serviço de solo.

Ainda sobre o fato da geração de novas receitas que os aeroportos iriam arrecadar, vale a pena ressaltar que mesmo com a diminuição ligeiramente de taxas de táxi, estacionamento, aluguel de carros, entre outros fatores, mesmo assim o saldo geral de entrada para a lucratividade aeroportuária permaneceria amplamente positivo. Na figura 19, podemos interpretar esta relação:

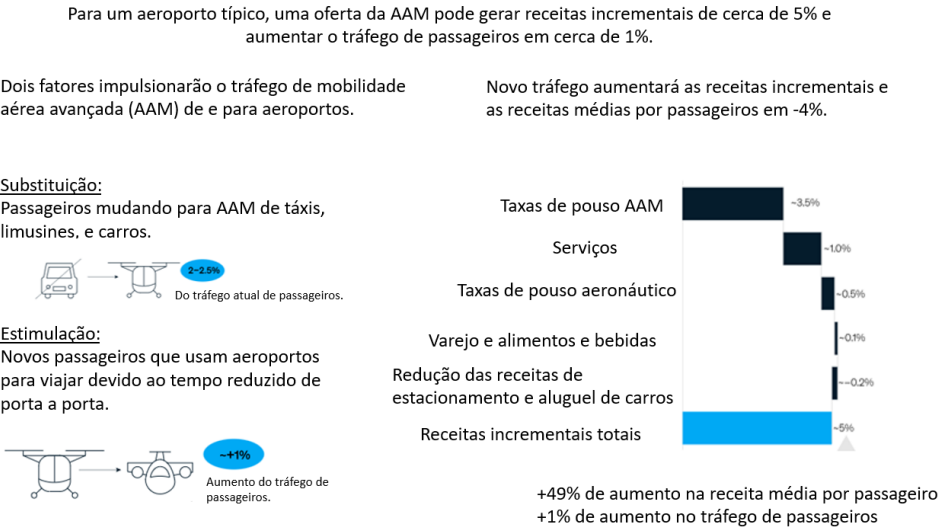


Figura 19 - Receita simulada na aplicação da UAM em um aeroporto hipotético
Fonte: (Adaptado e traduzido de Brummer *et al.*, 2021.)

Assumindo que em um aeroporto hipotético que atende 45 milhões de passageiros por ano, com a usabilidade da UAM, a receita poderia incrementar cerca de 5% e aumentar também o número de passageiro em cerca de 1%, como observado no esquema da figura 19. (Brummer *et al.*, 2021.)

CAPÍTULO 3

3. ESTUDO DE CASO

3.1 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA RMSP

O Brasil é um país que ocupa o quinto lugar em termos de extensão territorial com uma área de 8.516.000 km², neste cenário infelizmente a desigualdade social é muito presente no país. Barreiras impostas pela desigualdade social impactam diretamente na política de transporte público. (Rosa, 2006)

O estado de São Paulo subdivide-se em 645 municípios, distribuídos em 42 regiões de governo, entre elas destaca-se a cidade de São Paulo, principal centro financeiro, corporativo, e mercantil da América do Sul. (Mundo Educação, 2022)

A RMSP, Região Metropolitana de São Paulo, é composta por 39 municípios inseridos no território do Estado de São Paulo (figura 20). Estes municípios estão organizados em seis sub-regiões. (*Gestão Urbana SP*, [s.d.])

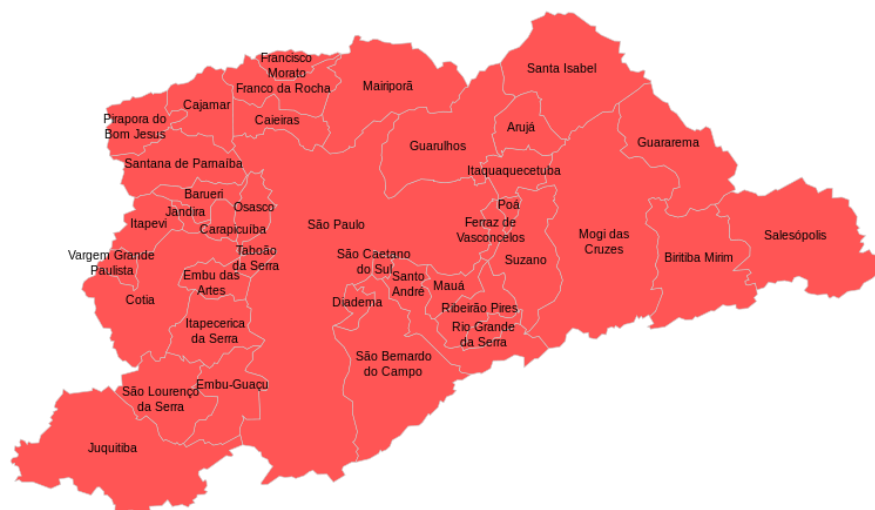


Figura 20 - Mapa RMSP
Fonte: Mapa-RMSP.svg

Aproximadamente mais de 18 milhões de habitantes da RMSP realizam em torno de 39 milhões de viagens por dia, sendo 25 milhões motorizadas e 14 milhões a pé, e convivem com problemas diários como atrasos, congestionamentos, acidentes, entre outros conflitos. (Rosa, 2006)

Um parâmetro expressivo que caracteriza, do ponto de vista da exclusão social, é a insuficiência dos meios de transporte na RMSP. A população de baixa renda reside, em sua grande maioria, em locais onde as habitações possuem um baixo custo agregado (comunidades, favelas) localizadas nas periferias dos centros urbanos e convivem com um grande custo financeiro de transporte visto que as distâncias em relação às oportunidades é consideravelmente alta. (Rosa, 2006)

Sendo assim, os mais pobres segregados involuntariamente estão distantes das oportunidades da vida urbana. O deslocamento entre moradia e centros urbanos, gera-se maior tempo de viagem em função da falta de infraestrutura. (Rosa, 2006)

Para o planejamento metropolitano e para a formação de políticas públicas com objetivo de uma melhoria e adequação que atendem às demandas da população da RMSP, a análise da trajetória e das projeções demográficas é de extrema importância. (Mundo Educação, 2022)

De acordo com a fundação SEADE, Sistema Estadual de Análise de Dados, a estimativa é que em 2030 a RMSP apresente cerca de 22 milhões de habitantes. Este dado representa uma acentuada desaceleração, quando comparado à década passada. Isto porque no período de 2000-2010, a taxa de crescimento anual foi de 0,97% e a expectativa é que esta taxa se recue para 0,72% a.a, como ilustrado na figura 21 (Mundo Educação, 2022)

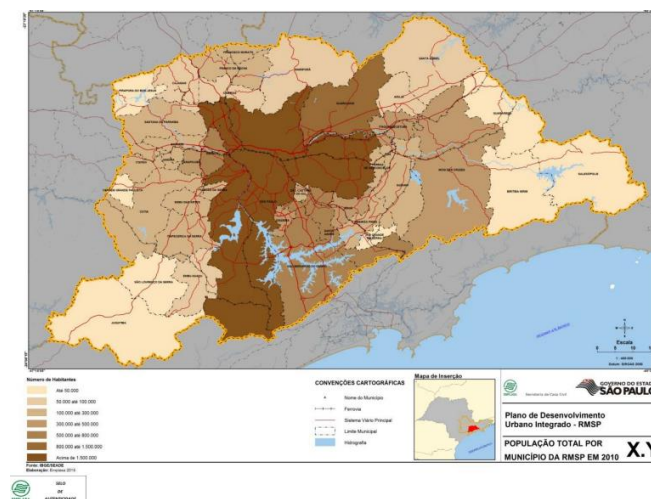


Figura 21 - Mapa TGCA* da população nos municípios 2010-2030

Fonte: (Mundo Educação, 2022)

* TGCA- Taxa Geométrica de Crescimento Anual

A população da RMSP não é distribuída uniformemente no espaço, sendo assim necessário analisar os padrões de urbanização e dispersão da população no território. A densidade no município de São Paulo é maior na região mais central e em áreas periféricas mais distantes do centro, como podemos analisar na figura 22. (Mundo Educação, 2022)

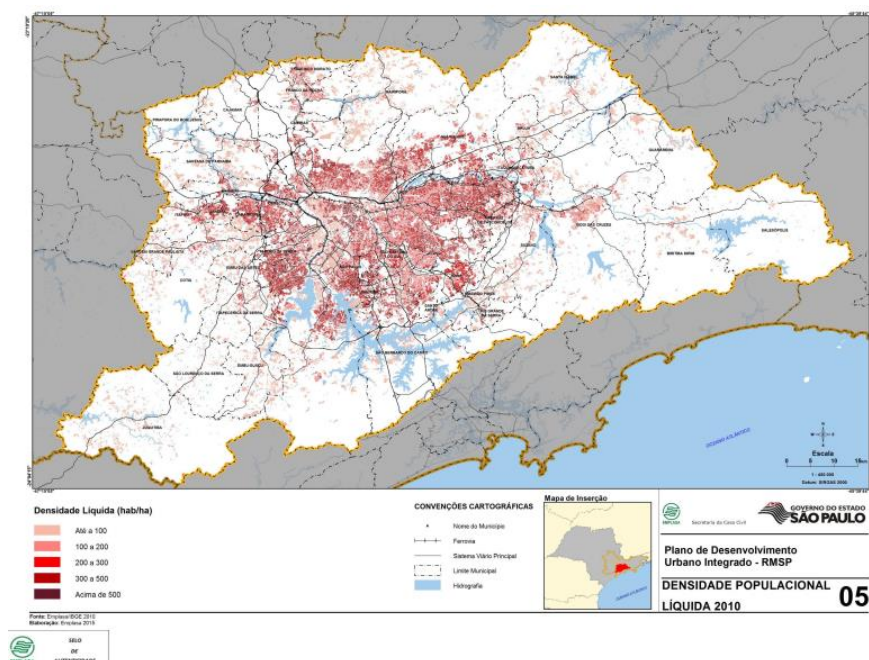


Figura 22 - Densidade populacional líquida

Fonte: (Mundo Educação, 2022)

3.1.1 ESTRUTURA ETÁRIA DA POPULAÇÃO

A expectativa é que haja uma importante alteração na estrutura etária da população da RMSP, tendo em vista o estreitamento da base da pirâmide etária. As projeções da Seade é que para o ano de 2030 a tendência é de uma distribuição mais uniforme entre as faixas etárias, também é esperado um grande aumento da participação da população de idosos (acima de 65 anos de idade), e o aumento da disparidade entre homens e mulheres nesta faixa, como podemos observar na figura 23. (Mundo Educação, 2022)

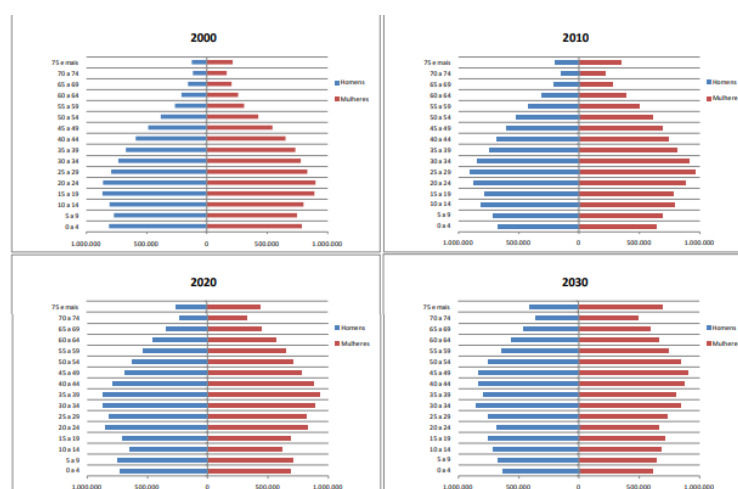


Figura 23 - Estrutura Etária da População na RMSP – 2000 a 2030

Fonte: IBGE, SEADE. Elaboração: Emplasa.

3.1.2 QUALIDADE DE VIDA

No aspecto de questões referentes ao desenvolvimento humano, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), e seus subíndices (longevidade, educação e renda) são a principal fonte de dado para analisarmos as condições de vida na RMSP. No ano de 2000, o IDH da RMSP foi classificado com 0,714, o que significa uma região de classificação de alto desenvolvimento humano, ainda que 0,3% das UDHs (Unidades de Desenvolvimento Humano) estivessem classificadas na faixa de desenvolvimento muito baixo, 29% como baixo desenvolvimento, e outras 33% como médio desenvolvimento (figura 24). (Mundo Educação, 2022)

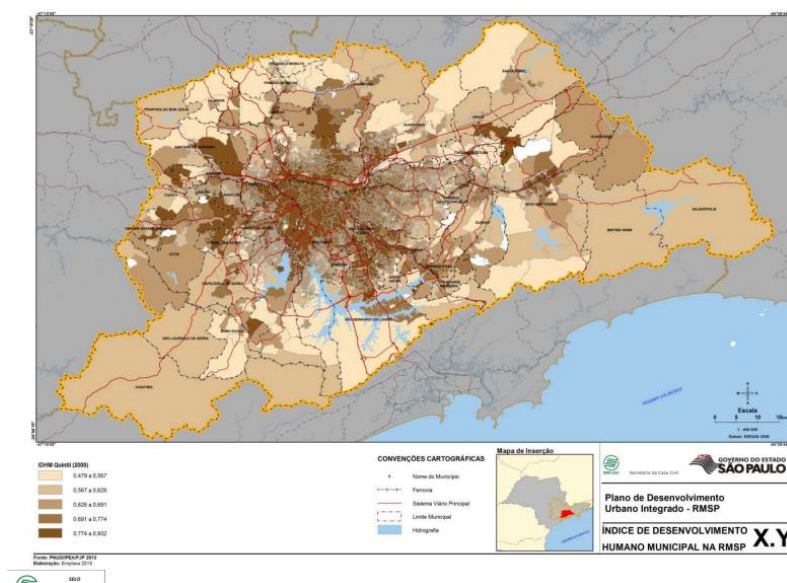


Figura 24 - Índice de desenvolvimento humano municipal na RMSP
Fonte: PNUD/PEA/FPJ 2013. Elaboração: Emplasa.

3.1.3 PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB)

A produção na RMSP se concentra na capital São Paulo, seguida por municípios que possuem indústrias fortes e dinâmicas, mas com o passar do tempo estas estão perdendo participação para serviços, conforme ilustrado na figura 25.

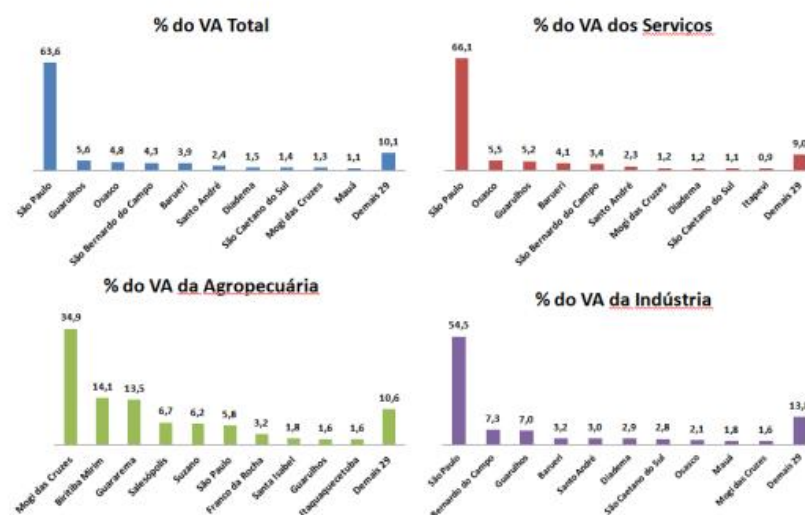


Figura 25 - Participação dos municípios no Valor Adicionado Total e por setores de atividade – 2012
Fonte: IBGE. Elaboração: Emplasa.

No ano de 2012, o PIB da RMSP foi de R\$ 786,5 bilhões, e somente a capital contribuiu com 63,5% deste valor (R\$499,4 bilhões). Neste *ranking*, aparece a cidade de Guarulhos, com 5,7% (R\$ 44,7 bilhões),

Osasco, com 5,0% (39,2 bilhões) e São Bernardo do Campo, com 4,3% (R\$ 34,2 bilhões). (Mundo Educação, 2022)

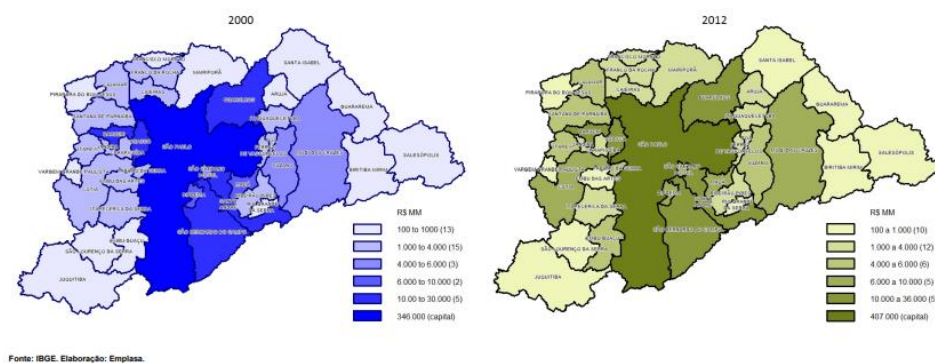


Figura 26 - Valor Adicionado Total 2000 e 2012 (em R\$ milhões)

Fonte: IBGE. Elaboração: Emplasa.

O valor adicionado (VA) ilustrado na figura 26, tem o objetivo do entendimento de quanto um determinado setor contribui no processo produtivo. (Mundo Educação, 2022)

3.1.4 EMPREGO E RENDA

Com o objetivo de evidenciar as concentrações sub-regionais e verificar as localizações dos polos de maior dinamismo econômico da região, a análise de emprego da RMSP enfrenta uma distribuição territorial bastante distinta, como ilustrado na figura 27. (Mundo Educação, 2022)

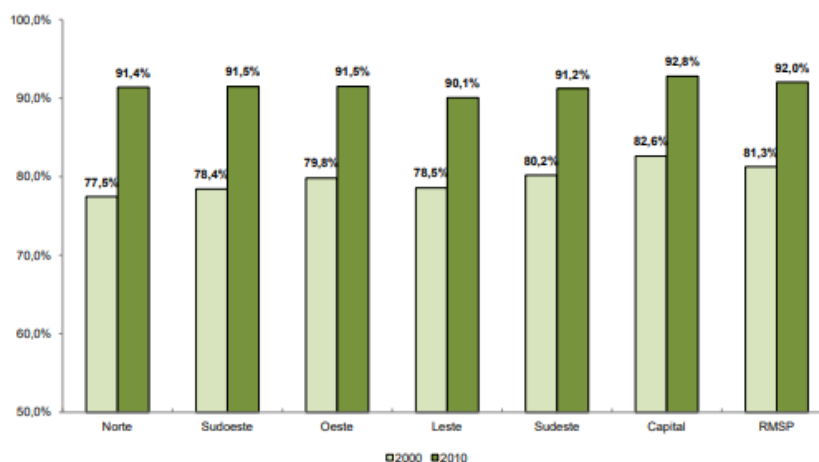


Figura 27 - Taxa de Ocupação por Sub-Região (2000-2010)

Fonte: Censo 2000 e 2010, IBGE. Elaboração: Emplasa.

Observamos também, pela figura 27, que houve aumento na taxa de ocupação, isto é, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) quando uma pessoa exerce atividade profissional (formal ou informal), em todas as sub-regiões. (Mundo Educação, 2022)

Outro fator importante a ser analisado quando se estuda a caracterização socioeconômica da RMSP é o fator educação, diretamente ligado ao aspecto emprego e renda, como observado na figura 28 pela distribuição da densidade total de empregos pelo mapa do Estado de São Paulo. De acordo com a tabela 2, houve um aumento significativo da parcela da população com acesso ao ensino superior completo. No ano 2000, a parcela que tinha pelo menos até o ensino médio incompleto era composta por 58,7%, e este dado diminuiu para 46% em 2010, ou seja, o percentual de pessoas ocupadas que possuíam ensino superior completo ou estavam cursando/interrompeu cresceu de 41,3% para 54,0%. Com isso, temos um cenário de maior qualificação do trabalhador, o que significa um ativo importante da região. (Mundo Educação, 2022)

Tabela 2 - Variação da participação do Nível de Instrução das Pessoas Ocupadas por sub-região no período 2000-2010.

Sub-Região	Ensino Fundamental incompleto			Ensino Médio incompleto			Ensino Superior incompleto			Ensino Superior completo		
	2000 (%)	2010 (%)	Var. (p.p.)	2000 (%)	2010 (%)	Var. (p.p.)	2000 (%)	2010 (%)	Var. (p.p.)	2000 (%)	2010 (%)	Var. (p.p.)
Capital	35,0	27,5	-7,4	19,5	16,2	-3,4	29,4	30,4	1,0	16,1	26,0	9,8
Leste	46,4	33,7	-12,7	20,8	17,5	-3,3	25,5	35,0	9,5	7,3	13,8	6,5
Norte	54,8	39,4	-15,5	21,0	18,0	-3,0	20,1	32,6	12,5	4,0	10,0	5,9
Oeste	45,6	33,6	-12,0	21,7	18,0	-3,7	25,9	33,1	7,3	6,8	15,2	8,4
Sudeste	35,9	25,6	-10,3	21,6	16,5	-5,1	30,8	36,5	5,7	11,6	21,4	9,8
Sudoeste	51,4	37,0	-14,4	22,0	18,9	-3,1	21,6	31,7	10,1	5,1	12,4	7,3
RMSP	38,4	29,3	-9,1	20,3	16,7	-3,6	28,3	32,1	3,8	13,0	21,9	8,9

Fonte: Censo 2000 e 2010, IBGE. Elaboração: Emplasa

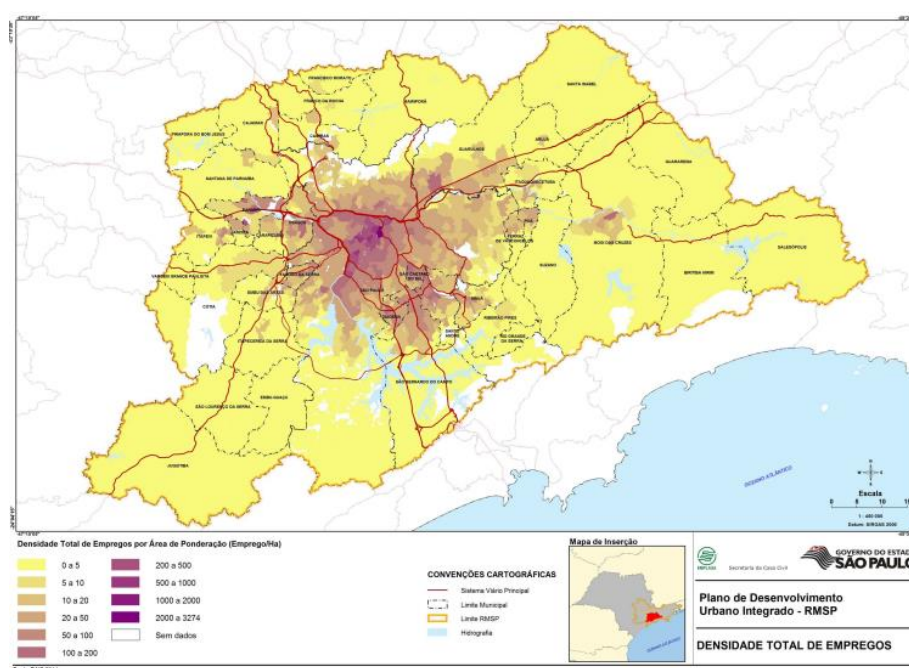


Figura 28 - Densidade total de empregos

Fonte: RAIS 2014. Elaboração: Emplasa.

3.2 CIDADE DE SÃO PAULO

A cidade de São Paulo possui 12,33 milhões de habitantes, constituindo a cidade mais povoada do Brasil. A densidade demográfica do município é de 7.398,26 hab/km², o que leva ao *ranking* de primeiro lugar entre as cidades mais povoadas. (*Cidade de São Paulo*, [s.d.])

Atualmente a população da capital paulistana concentra-se na faixa etária dos 20 aos 49 anos, e possui um processo gradual de envelhecimento. A expectativa de vida média na capital é de 70,1 anos, porém

com a desigualdade social presente na cidade esta taxa varia de bairro para bairro. (Cidade de São Paulo, [s.d.])

A cidade de São Paulo é subdividida em 32 subprefeituras, como ilustrado na figura 29. (Mapa da Cidade / Secretaria Municipal de Subprefeituras | Prefeitura da Cidade de São Paulo, [s.d.])



Figura 29 - Mapa da cidade de São Paulo

Fonte: Mapa da Cidade | Secretaria Municipal de Subprefeituras | Prefeitura da Cidade de São Paulo, [s.d.]

A cidade de São Paulo, devido a sua importância econômica, e seu alto índice de congestionamento em suas vias de transporte rodoviário, possui cada vez mais uma alta demanda de fluxo de helicópteros. Os principais centros de negócios da cidade estão localizados principalmente na Avenida Paulista e na avenida Berrini, e por isso, precisam de procedimentos e controle do espaço aéreo específicos para minimizar as interferências entre tráfegos de helicópteros e demais aeronaves. (Couto e Alves, 2008)

Há um grande número de helipontos estrategicamente localizados em hotéis da zona nobre da cidade, o que facilita a locomoção de empresários oriundos de outros municípios, ou até de outros países, o que facilita a decolagem direto do aeroporto rumo ao hotel e vice-versa. (Mendonça, 2016).

Na cidade de São Paulo, a cada cinco minutos, no mínimo quatro helicópteros pousam ou decolam na capital. Neste contexto, os principais usuários deste modal são donos de empresa, executivos, celebridades, proprietários de aeronaves, entre outros. (Mendonça, 2016)



Figura 30 - Heliponto na região da avenida Berrini
Fonte: (Folha de São Paulo, 2009)

Na figura 30, podemos observar a grande quantidade de helipontos na região da avenida Berrini, localizada no bairro nobre Vila Olímpia (zona oeste), onde as imediações da rua Funchal, que possuem vias estreitas para carros que enfrentam congestionamentos exuberantes, e que a infraestrutura terrestre não está preparada para o fluxo existente. Nesta região a quantidade de helipontos é maior do que a quantidade de pontos de ônibus. (Folha de S.Paulo, 2009).

De acordo com registros da Anac (Agência Nacional de Aviação Civil) e da SPTrans (empresa de transporte da prefeitura de São Paulo), um mapeamento entre o eixo empresarial da Faria Lima à avenida Berrini, verificou-se por imagens de satélite que em um trecho que abriga 60 paradas de ônibus, existem 75 helipontos. Uma das razões para esta região possuir inúmero helipontos é o fato da região concentrar edifícios novos e modernos, frequentados por uma elite empresarial. (Folha de S.Paulo, 2009)

Outro local de forte movimentação de helicópteros é no aeroporto Campo de Marte, localizado na Zona Norte da cidade. Esta localização é bastante utilizada pela Polícia Militar e também por redes de televisão e rádio. (Mendonça, 2016)

3.3 AEROPORTO CONGONHAS

O aeroporto de São Paulo – Congonhas, é um aeroporto doméstico brasileiro localizado no município de São Paulo, e é o segundo mais movimentado do país. Está localizado na zona sul da cidade, no bairro de Villa Congonhas, nos distritos de Campo Belo e Jabaquara e é considerado o aeroporto executivo do Brasil, por transportar um grande fluxo de pessoas que viajam em negócios principalmente entre o eixo Rio de Janeiro – São Paulo. (Aeroporto de São Paulo-Congonhas, 2022)

3.3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA AEROPORTO CONGONHAS

Dentro das 20 rotas mais movimentadas no Brasil, o aeroporto de Congonhas atende cinco, conforme dados do anuário estatístico da ANAC e como podemos observar na figura 31. (Aeroporto de São Paulo-Congonhas, 2022)

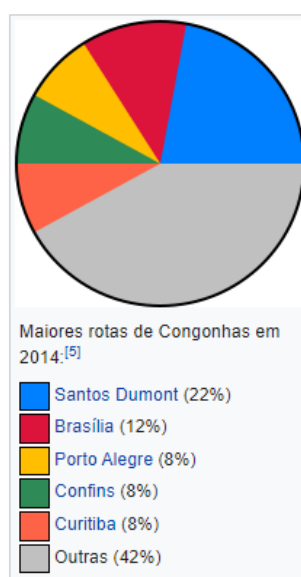


Figura 31 - Maiores rotas de Congonhas
Fonte: (Aeroporto de São Paulo – Congonhas, 2022)

Podemos observar ainda, que as rotas apresentadas acima, possuem os seguintes números de passageiros:

Rank	Origem/Destino	Embarques+Desembarques	%
1	 Rio de Janeiro (S. Dumont), Rio de Janeiro	4 000 844	22%
2	 Brasília, Distrito Federal	2 157 577	12%
3	 Porto Alegre, Rio Grande do Sul	1 540 050	8%
4	 Belo Horizonte (Confins), Minas Gerais	1 516 447	8%
5	 Curitiba, Paraná	1 354 519	8%
	Demais rotas de Congonhas	7 564 634	42%
	Total em 2014	18 134 071	100%

Figura 32 - Maiores rotas de Congonhas em número de passageiros
Fonte: (Aeroporto de São Paulo – Congonhas, 2022)

Ainda em uma análise estatística sobre o movimento operacional apresentado no aeroporto de Congonhas, podemos observar os seguintes dados, ilustrados nas figuras 33 e 34:

Movimento operacional

Histórico - Movimento Operacional ²⁰⁰³⁻²⁰¹⁵		
Ano	Passageiros	Aeronaves
2015	19 279 644 ▲6%	213 833 ▲4%
2014	18 134 071 ▲7%	205 410 ▼2%
2013	17 025 603 ▲1%	209 555 ▼2%
2012	16 775 785 ▲0.1%	213 419 ▲2%
2011	16 753 567 ▲8%	209 280 ▲2%
2010	15 481 370 ▲13%	204 943 ▲6%
2009	13 699 657 ▲0.2%	193 308 ▲4%
2008	13 672 301 ▼10%	186 694 ▼9%
2007	15 265 433 ▼17%	205 564 ▼11%
2006	18 459 191 ▲8%	230 995 ▲1%
2005	17 147 628 ▲26%	228 110 ▲5%
2004	13 611 227 ▲13%	217 872 ▼1%
2003	12 069 575	220 887

Nota: A Infraero não inclui na estatística as operações da Aviação Militar.

Figura 33 -Movimento operacional aeroporto de Congonhas
Fonte: (Aeroporto de São Paulo -Congonhas, 2022)

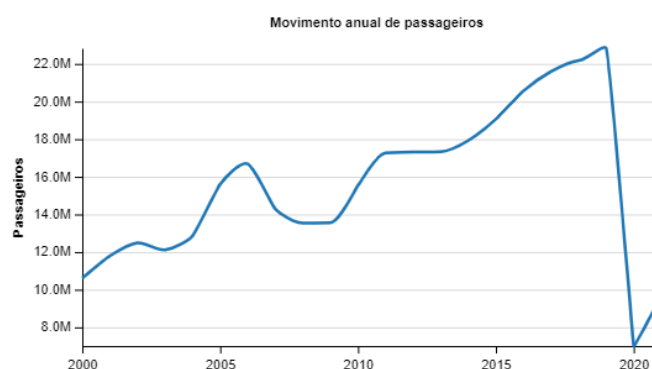


Figura 34 - Movimento anual de passageiros
Fonte: (Aeroporto de São Paulo – Congonhas, 2022)

De acordo com dados do anuário mais recente da ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, a tabela 3, ilustra as 10 maiores rotas domésticas de acordo com a quantidade de assentos ofertados no voo por empresas brasileiras.

Tabela 3 - Quantidade de assentos e voos por rota.

ROTA	QUANTIDADE DE ASSENTOS OFERECIDOS	QUANTIDADE DE VOOS
SÃO PAULO (CONGONHAS) - RIO DE JANEIRO (SANTOS DUMONT)	5.756.778	39.820
SÃO PAULO (CONGONHAS) - BRASÍLIA	2.791.112	17.273
SÃO PAULO (GUARULHOS) - SALVADOR	2.621.394	16.081
SÃO PAULO (CONGONHAS) - BELO HORIZONTE (CONFINES)	2.219.584	13.608
SÃO PAULO (GUARULHOS) - PORTO ALEGRE	2.217.924	14.180
SÃO PAULO (GUARULHOS) - RIO DE JANEIRO (GALEÃO)	1.949.295	12.137
SÃO PAULO (CONGONHAS) - CURITIBA	1.909.616	11.980
SÃO PAULO (GUARULHOS) - RECIFE	1.903.875	10.643

Fonte: (Anac, 2010)

No contexto de uma análise estatística por demanda no transporte aéreo, a tabela 4 apresenta a série anual de passageiros pagos transportados para o exterior.

Tabela 4 - Série anual de passageiro pago transportado em rotas domésticas – 2002 a 2010

ROTA	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SÃO PAULO (CONGONHAS) - RIO DE JANEIRO (SANTOS DUMONT)	3.060.583	3.070.010	3.097.663	3.394.980	3.337.413	3.019.163	3.310.416	3.163.349	3.514.158
SÃO PAULO (GUARULHOS) - SALVADOR	666.794	585.912	622.320	820.099	1.039.259	1.278.075	1.363.069	1.496.942	1.834.552
SÃO PAULO (CONGONHAS) - BRASÍLIA	1.183.329	1.266.035	1.205.929	1.399.997	1.499.682	1.340.754	1.474.150	1.500.294	1.789.919
SÃO PAULO (GUARULHOS) - RECIFE	522.018	472.545	511.707	650.927	757.908	870.823	1.174.155	1.362.636	1.518.699
SÃO PAULO (GUARULHOS) - PORTO ALEGRE	565.857	380.799	453.460	595.325	659.291	826.920	1.070.886	1.256.910	1.422.123
SÃO PAULO (CONGONHAS) - BELO HORIZONTE (CONFINES)	6.126	5.853	3.220	841.503	1.085.880	1.035.132	1.237.238	1.200.126	1.348.118
SÃO PAULO (CONGONHAS) - CURITIBA	1.094.981	968.566	955.233	1.213.977	1.295.629	1.092.555	1.028.214	971.462	1.149.719
SÃO PAULO (GUARULHOS) - BRASÍLIA	278.899	218.955	235.548	385.006	392.872	555.284	744.954	869.012	1.140.992
SÃO PAULO (CONGONHAS) - PORTO ALEGRE	741.427	941.392	932.324	1.108.878	1.296.339	1.126.182	1.004.289	921.191	1.104.105
RIO DE JANEIRO (GALEÃO) - SALVADOR	532.699	499.198	489.446	653.651	789.359	888.589	967.146	1.007.045	1.088.818
SÃO PAULO (GUARULHOS) - FORTALEZA	316.339	248.310	250.331	423.105	532.092	729.797	743.985	860.112	1.074.984
RIO DE JANEIRO (SANTOS DUMONT) - BRASÍLIA	678.265	694.229	423.497					463.533	1.039.921
SÃO PAULO (GUARULHOS) - CURITIBA	326.569	245.213	288.673	376.932	394.079	500.636	578.936	720.549	1.027.985
SÃO PAULO (GUARULHOS) - RIO DE JANEIRO (GALEÃO)	453.423	483.786	531.567	700.953	653.770	796.996	762.061	907.000	956.335
BRASÍLIA - BELO HORIZONTE (CONFINES)	25.067	8.909	4.749	339.645	463.591	589.997	691.552	830.269	931.638
SÃO PAULO (GUARULHOS) - BELO HORIZONTE (CONFINES)	212.554	187.218	189.989	282.551	336.393	502.359	529.055	578.797	812.398
RIO DE JANEIRO (GALEÃO) - PORTO ALEGRE	355.893	334.726	304.249	384.642	414.280	611.332	739.800	761.153	806.447
SÃO PAULO (CONGONHAS) - FLORIANÓPOLIS	451.710	548.627	539.394	649.097	780.712	692.673	603.408	606.487	746.797
RIO DE JANEIRO (SANTOS DUMONT) - BELO HORIZONTE (CONFINES)	1.721	2.197	1.233					257.330	727.196
BRASÍLIA - SALVADOR	298.765	300.262	328.198	363.135	382.916	438.664	539.597	612.499	718.468

Fonte: (Anac, 2010)

3.4 AEROPORTO GRU

O Aeroporto Internacional de São Paulo, localizado em Guarulhos, foi inaugurado em janeiro de 1985, com apenas uma pista. Quatro anos depois, em 1989, iniciou a operação da segunda pista, com expansão de 3,7 mil metros. Após mais quatro anos, foi concluída a abertura do Terminal 2. No ano de 2012, foi nomeado como GRU Airport – Aeroporto Internacional de São Paulo. Em 2014, ocorreu a inauguração do Terminal 3, com 192

mil metros quadrados e com tempo recorde de construção, 1 ano e 9 meses. (GRU Airport - Aeroporto Internacional de São Paulo, [s.d.])

Atualmente, todos os terminais funcionam 24 horas por dia, o aeroporto tem uma área total de 11.905.056,52 m², com duas pistas de pouso e decolagem e 123 posições de estacionamento para aeronaves. (GRU Airport - Aeroporto Internacional de São Paulo, [s.d.])

O aeroporto de Guarulhos possuirá o número total de passageiros transportados em 2030 (58.857.905 passageiros) próximo ao de Los Angeles, que é de 59.070.127 pessoas embarcadas e desembarcadas. Enquanto isso, o aeroporto de Nova York (JFK) possui um *mix* semelhante ao aeroporto paulista com aproximadamente 50% de passageiros domésticos e internacionais, mas o total de passageiros está abaixo da projeção de Guarulhos (46.514.154). (GRU Airport - Aeroporto Internacional de São Paulo, [s.d.])

A concessionária que administra o Aeroporto Internacional de São Paulo em Guarulhos, a GRU Airport, registrou que em fevereiro de 2022 houve uma movimentação de 2,35 milhões de passageiros. Comparando este dado com o mesmo período do ano anterior, é possível observar um crescimento de 47% nas movimentações, e se comparado ao ano de 2020, período de pandemia, houve uma redução de 34%. (Ferreira, 2022)

Quando analisamos um cenário de voos nacionais dentro do aeroporto GRU, podemos contabilizar 1,7 milhões de passageiros com origens ou destinos nacionais, em uma média diária de 469 pousos e decolagens. Já para o tráfego internacional, é possível observar uma média de 22,5 mil passageiros por dia, com um total de 630 mil pessoas por mês. (Ferreira, 2022)

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DEMANDA EVTOL NO AEROPORTO DE GUARULHOS

3.5.1 CONTEXTO DO ESTUDO DE CASO

Diante do objetivo de quantificar a possível demanda de eVTOL na cidade de São Paulo, foi realizada uma pesquisa nas chegadas de voos internacionais no Aeroporto Governador André Franco Montoro (GRU) - Guarulhos – SP, dos continentes europeu, América do Norte, e Ásia, com dados de acordo com a base de Registros de Serviços Aéreos fornecida pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e divulgada pelo *site* do Governo Federal Brasileiro, diante do Ministério da Infraestrutura, publicada em 26/11/2019, com a última atualização em 23/11/2021.

Diante dos dados levantados, a pesquisa tem como objetivo avaliar e levantar a quantidade de passageiros da classe provenientes de diferentes países origens de diferentes companhias aéreas, a fim de restringir

a possível demanda por eVTOL na cidade de São Paulo, acreditando que o perfil do passageiro *business* de uma viagem internacional seja um forte candidato para a utilização do eVTOL, levando em conta algumas características do perfil de um passageiro *business*, sendo principalmente executivos, e indivíduos com patrimônio líquido alto.

São Paulo está entre as cidades mais capazes de introduzir serviços do tipo eVTOL no mundo. De acordo com a empresa britânica Vports, que ganhou a concessão para construir e operar um vertiporto no Aeroporto Internacional de Guarulhos, objeto do estudo de caso, a expectativa é de que mais de 100.000 passageiros por ano utilizem este terminal até 2045, e a indústria de mobilidade aérea avançada em São Paulo atingirá US\$ 15 bilhões em receitas até 2045, com uma média de 20 milhões de passageiros por ano.

3.5.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA UTILIZADA NA PESQUISA

Os dados listados abaixo foram levantados com a relação de serviços registrados, em que o Governo Federal disponibiliza como informações pela rede mundial de computadores (*internet*) com a lista atualizada de todos os serviços de transporte aéreo público registrados no SIROS (Manual do sistema de registro de operações).

- Companhia Aérea;
- Número do voo;
- Equipamento;
- Origem;
- Destino;
- Quantidade de assentos.

Importante ressaltar no item “destino”, foi restringido apenas voos com destinos para o Aeroporto Governador André Franco Montoro (GRU) - Guarulhos - SP – Brasil, a fim de ser o nosso destino de estudo.

Diante destas informações, o próximo passo do estudo foi verificar para cada diferente tipo de equipamento, a porcentagem (%) que estas diferentes aeronaves possuem de assentos (*ilustrada na coluna G*). A realização desta pesquisa foi feita de acordo com pesquisas nas respectivas companhias aéreas com os seus respectivos modelos de equipamentos e/ou aeronaves. Com esta porcentagem definida, a quantidade de assentos *business* foi calculada apenas multiplicando a quantidade de assentos pela porcentagem de assentos *business*. (*ilustrada na coluna H*).

Com todos os parâmetros anteriormente definidos, por meio da mesma plataforma do *site* do Governo Federal, foi denifido a quantidade de voos por mês (*ilustrada na coluna I*).Este dado foi pesquisado na “consulta por período”, na qual é importante frisar que todos os quantitativos da pesquisa realizada compreende entre o período de 01/06/2022 à 30/06/2022.

Por fim, foi calculada a quantidade de passageiros *business* por mês, *período realizado no mês de Junho de 2022*, (*ilustrada na coluna J*), bastando mutiplicar a quantidade de assentos *business* pela quantidade de voos por mês.

Este procedimento foi realizado para todos os países que continham na relação de serviços registrados do *site* do Governo Federal, do continente europeu, América do Norte, e Ásia, e estão respectivamente ilustradas abaixo.

- **EUROPA:**

Tabela 5 - Dados quantitativos levantados para voos de origem da Europa com destino para Aeroporto GRU. (período 01/06/2022 – 30/06/2022).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
CIA AEREA	Nº DO VOO	EQUIP.	ORIGEM	DESTINO- GRU	QNTD. DE ASSENTOS	% BUSSINESS	TD. ASSENTOS BUSSINE	QNTD. DE VOOSIMES*	QNTOS DE PASSAGEIROS
AIR EUROPA LINEAS AEREAS SOCIEDAD ANONIMA	57	B789	ADOLFO SUÁREZ MADRID-BARAJAS AIRPORT (MAD) - MADRID - ESPANHA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	339	6,66%	23	30	677
KLM CIA. REAL HOLANDESA DE AVIAÇÃO	791	B77W	AMSTERDAM AIRPORT SCHIPHOL (AMS) - HAARLEMMEER, NEAR AMSTERDAM - HOLANDA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	408	8,00%	33	30	979
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8115	B763	BARCELONA-EL PRAT AIRPORT (BCN) - BARCELONA - ESPANHA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	238	5,00%	12	17	202
DEUTSCHE LUFTHANSA A.G.	506	B748	FRANKFURT INTERNATIONAL AIRPORT (FRA) - FRANKFURT AM MAIN - ALEMANHA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	364	8,50%	31	30	928
TAM LINHAS AÉREAS S.A.	8071	B773	FRANKFURT INTERNATIONAL AIRPORT (FRA) - FRANKFURT AM MAIN - ALEMANHA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	410	5,50%	23	29	654
TURKISH AIRLINES INC	193	A359	ISTANBUL AIRPORT (IST) - ISTANBUL - TURQUIA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	329	6,00%	20	34	671
ITALIA TRANSPORTO AEREO S.P.A.	674	A330	LEONARDO DA VINCI INTERNATIONAL AIRPORT (Fiumicino International Airport) (FCO) - ROMA -	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	292	8,17%	24	20	477
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8147	B789	LISBOA (LIS) - LISBOA - PORTUGAL	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	304	6,60%	20	30	602
TAP - TRANSPORTES AÉREOS PORTUGUESES S/A	83	A333	LISBOA (LIS) - LISBOA - PORTUGAL	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	298	11,50%	34	30	1028
BRITISH AIRWAYS PLC	247	A35K	LONDON HEATHROW AIRPORT (LHR) - LONDON, ENGLAND - REINO UNIDO	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	331	6,50%	22	30	645
TAM LINHAS AÉREAS S.A.	8085	B773	LONDON HEATHROW AIRPORT (LHR) - LONDON, ENGLAND - REINO UNIDO	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	410	5,50%	23	26	586
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8073	B773	MALPENSA INTERNATIONAL AIRPORT (MXP) - MILAN - ITÁLIA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	410	5,50%	22,55	17	383
DEUTSCHE LUFTHANSA A.G.	506	A359	MUNICH INTERNATIONAL AIRPORT (FRANZ JOSEF STRAUß INTERNATIONAL AIRPORT) (MUC) - MUNICH -	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	293	5,20%	15,236	30	457
SOCIÉTÉ AIR FRANCE	454	B772	PARIS-CHARLES DE GAULLE AIRPORT (ROISSY AIRPORT) (CDG) - PARIS - FRANÇA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	316	5,30%	16,748	30	502
INES GROUP (EX - LAN A	701	B788	PARIS-CHARLES DE GAULLE AIRPORT (ROISSY AIRPORT) (CDG) - PARIS - FRANÇA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	247	5,50%	13,585	30	408
PORTES AÉREOS PORTU	81	A339	PORTO (OPO) - PORTO - PORTUGAL	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	298	11,50%	34	10	343
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8211	B763	RAF MOUNT PLEASANT (MPN) - FALKLAND ISLANDS - REINO UNIDO	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	238	5,00%	12	30	357
SWISS INTERNATIONAL AIR LINES LTD.	92	B773	ZÜRICH AIRPORT (Kloten Airport) (ZRH) - ZÜRICH/KLOTEN - SUÍÇA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTEIRO (GRU) - GUARULHOS - SP -	340	5,50%	18,7	30	561

- AMÉRICA DO NORTE:

Tabela 6 - Dados quantitativos levantados para voos de origem da América do Norte com destino para Aeroporto GRU. (período 01/06/2022 – 30/06/2022).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
CIA AEREA	Nº DO VOO	EQUIP.	ORIGEM	DESTINO- GRU	QNTD. DE ASSENTOS	% BUSSINESS	QNTD. ASSENTOS BUSSINESS	QNTD. DE VOOS/MÊS*	QNTOS DE PASSAGEIROS
AEROVÍAS DE MÉXICO S.A DE C.V - AEROMÉXICO	14	B789	BENITO JUAREZ INTL (MEX) - MÉXICO - MÉXICO	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	254	6,66%	17	30	507
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8113	B763	BENITO JUAREZ INTL (MEX) - MÉXICO - MÉXICO	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	304	5,00%	15	26	395
AMERICAN AIRLINES, INC.	963	B789	DALLAS-FORT WORTH INTERNATIONAL AIRPORT (DFW) - DALLAS & FORT WORTH, TEXAS - ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP - BRASIL	295	6,66%	20	30	589
UNITED AIRLINES, INC.	62	B789	GEORGE BUSH INTERCONTINENTAL AIRPORT (IAH) - HOUSTON, TEXAS - ESTADOS UNIDOS	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	252	6,60%	17	30	439
DELTA AIRLINES INC.	105	A333	HARTSFIELD JACKSON ATLANTA INTERNATIONAL AIRPORT (ATL) - ATLANTA - ESTADOS UNIDOS DA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	282	9,41%	27	30	1100
AMERICAN AIRLINES, INC.	951	B772	PORT (JFK) - NEW YORK, NEW	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	288	5,30%	15	30	458
DELTA AIRLINES INC.	471	A333	PORT (JFK) - NEW YORK, NEW	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	293	9,41%	28	13	495
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8181	B773	PORT (JFK) - NEW YORK, NEW	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	410	5,50%	23	29	654
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8185	B789	LOGAN INTERNATIONAL AIRPORT (BOS) - BOSTON, MASSACHUSETTS - ESTADOS UNIDOS DA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	304	6,66%	20	29	587
AMERICAN AIRLINES, INC.	929	B77W	RT (MIA) - MIAMI, FLORIDA - ES	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	318	8,00%	25	30	763
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8191	B773	RT (MIA) - MIAMI, FLORIDA - ES	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	410	5,50%	23	30	677
AIR CANADA	96	B789	U INTERNATIONAL AIRPORT (Y)	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	300	6,60%	20	14	277
UNITED AIRLINES, INC.	149	B772	EWB) - NEWARK & ELIZABETH,	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	276	5,30%	15	30	439
UNITED AIRLINES, INC.	845	B789	RT (ORD) - CHICAGO, ILLINOIS	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	252	6,66%	17	22	369
TAM LINHAS AÉREAS S.A	8127	B789	RT (MCO) - ORLANDO, FLORID	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	304	6,66%	20	13	263
AIR CANADA	90	B789	INTERNATIONAL AIRPORT (YYZ)	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	450	6,66%	30	30	343
UNITED AIRLINES, INC.	861	B764	AIRPORT (IAD) - WASHINGTON	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	242	5,00%	12	30	357

- **ÁSIA:**

Tabela 7 - Dados quantitativos levantados para voos de origem da Ásia com destino para Aeroporto GRU. (período 01/06/2022 – 30/06/2022).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
CIA AEREA	Nº DO VOO	EQUIP.	ORIGEM	DESTINO- GRU	QNTD. DE ASSENTOS	% BUSSINESS	QNTD. ASSENTOS BUSSINESS	QNTD. DE VOOS/MÊS*	QNTOS DE PASSAGEIROS
EMIRATES	261	A388	DUBAI (DXB) - DUBAI INTERNATIONAL - EMIRADOS ARABES UNIDOS	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	515	4,07%	21	30	629
QATAR AIRWAYS GROUP	773	B77W	HAMAD INTERNATIONAL AIRPORT (DOH) - DOHA - QATAR	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	412	8,00%	33	30	989
TURKISH AIRLINES INC	193	A359	ISTANBUL AIRPORT (IST) - ISTANBUL - TURQUIA	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO (GRU) - GUARULHOS - SP -	329	9,72%	32	30	959

Através de todos estes dados levantados e planilhados, para uma melhor visão e entendimento de todos estes parâmetros, foi gerado o quadro resumo e os gráficos na relação de *Origem x Quantidade de Passageiros Business/mês*, dos respectivos continentes, como ilustrados abaixo:

- **EUROPA**

Tabela 8 - Quadro resumo origem - Europa, X Quantidade de passageiros business/mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022).

ORIGEM	QNTDS DE PASSAGEIROS BUSSINESS/MÊS
MADRID	677
AMSTERDAM	979
BARCELONA	202
FRANKFURT - DEUTSCHE	928
FRANKFURT - TAM	654
ISTANBUL	671
ROMA	477
LISBOA - TAM	602
LISBOA - TAP	1028
LONDRES - BRITISH	645
LONDRES - TAM	586
MILÃO	383
MUNICH	457
PARIS-SOCIÉTÉ	502
PARIS - LATAM	408
PORTO- TAP	343
REINO UNIDO - TAM	357
SUIÇA - SWISS	561

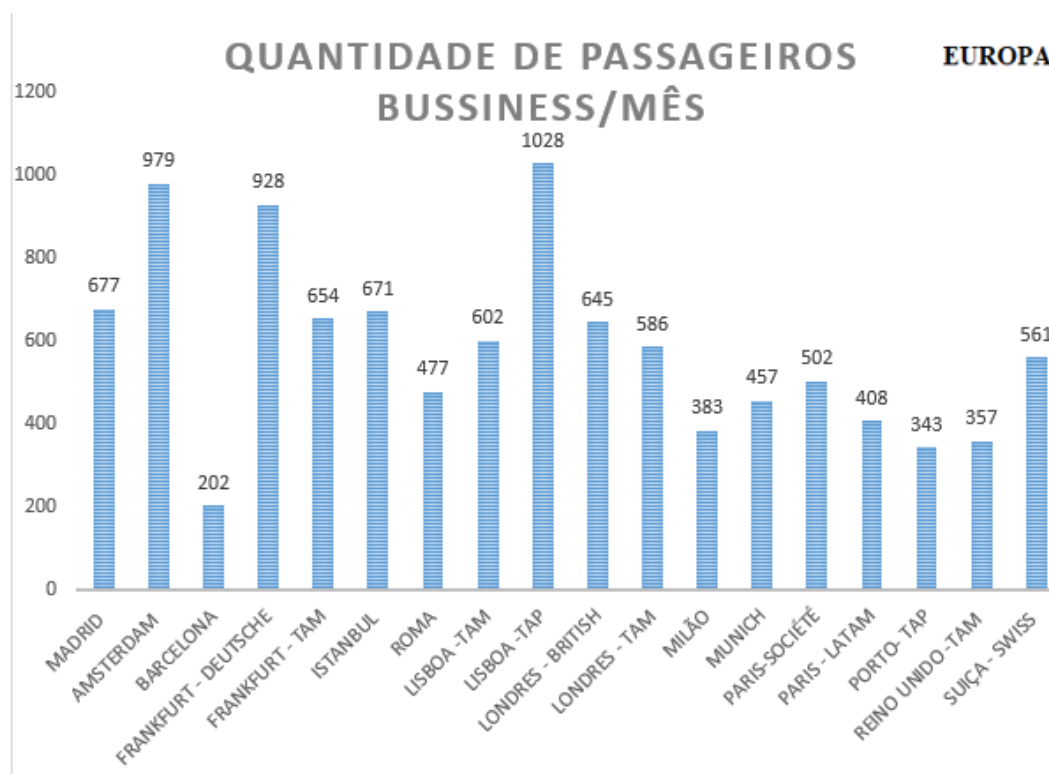


Figura 35 - Gráfico origem - Europa X Quantidade de passageiros *business*/mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022)

- **AMÉRICA DO NORTE:**

Tabela 9 - Quadro resumo origem – América do Norte, x Quantidade de passageiros *business*/mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022).

ORIGEM	QNTDS DE PASSAGEIROS BUSSINESS/MÊS
MÉXICO - AEROVÍAS	507
MÉXICO - TAM	395
TEXAS - EUA - AMERICAN AIRLINES	589
TEXAS - EUA- UNITED AIRLINES	499
ATLANTA -EUA- DELTA	1100
NEW YORK- AMERICAN AIRLINES	458
NEW YORK- DELTA	495
NEW YORK - EUA- TAM	654
BOSTON	587
MIAMI - AMERICAN AIRLINES	763
MIAMI - TAM	677
MONTRÉAL	277
NEW JERSEY - EUA	439
CHICAGO, ILLINOIS - EUA	369
ORLANDO- EUA	263
TORONTO - AIR CANADA	343
WASHINGTON -EUA	357

QUANTIDADE DE PASSAGEIROS BUSSINESS/MÊS

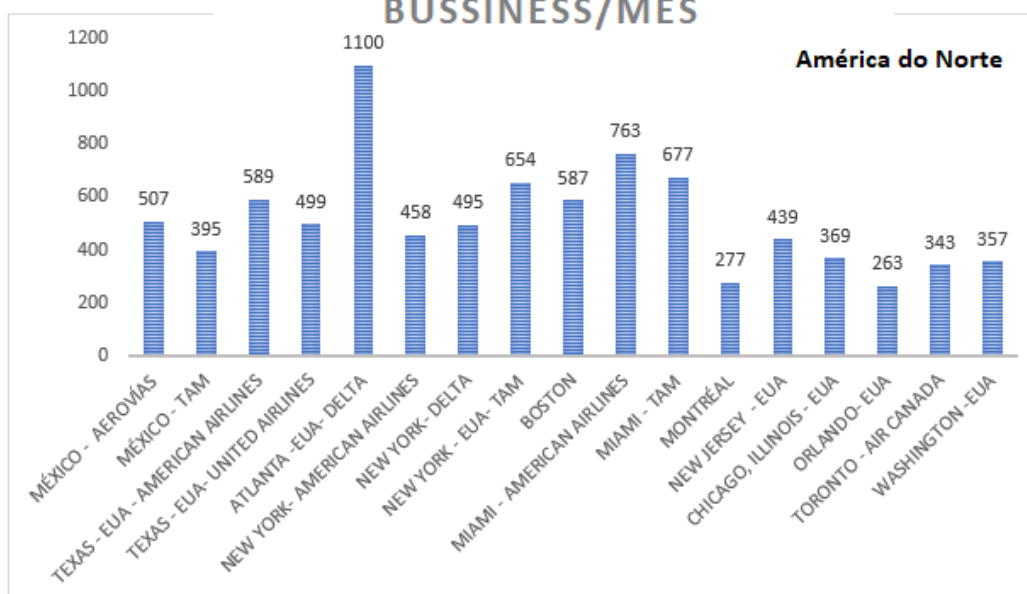


Figura 36 - Gráfico origem – América do Norte X Quantidade de passageiros business/mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022)

- **ÁSIA**

Tabela 10 - Quadro resumo origem – Ásia, x Quantidade de passageiros *business*/mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022).

ORIGEM	QNTDS DE PASSAGEIROS BUSSINESS/MÊS
DUBAI (DXB) - DUBAI INTERNATIONAL - EMIRADOS ÁRABES UNIDOS	629
HAMAD INTERNATIONAL AIRPORT (DOH) - DOHA - QATAR	989
ISTANBUL AIRPORT (IST) - ISTANBUL - TURQUIA	959

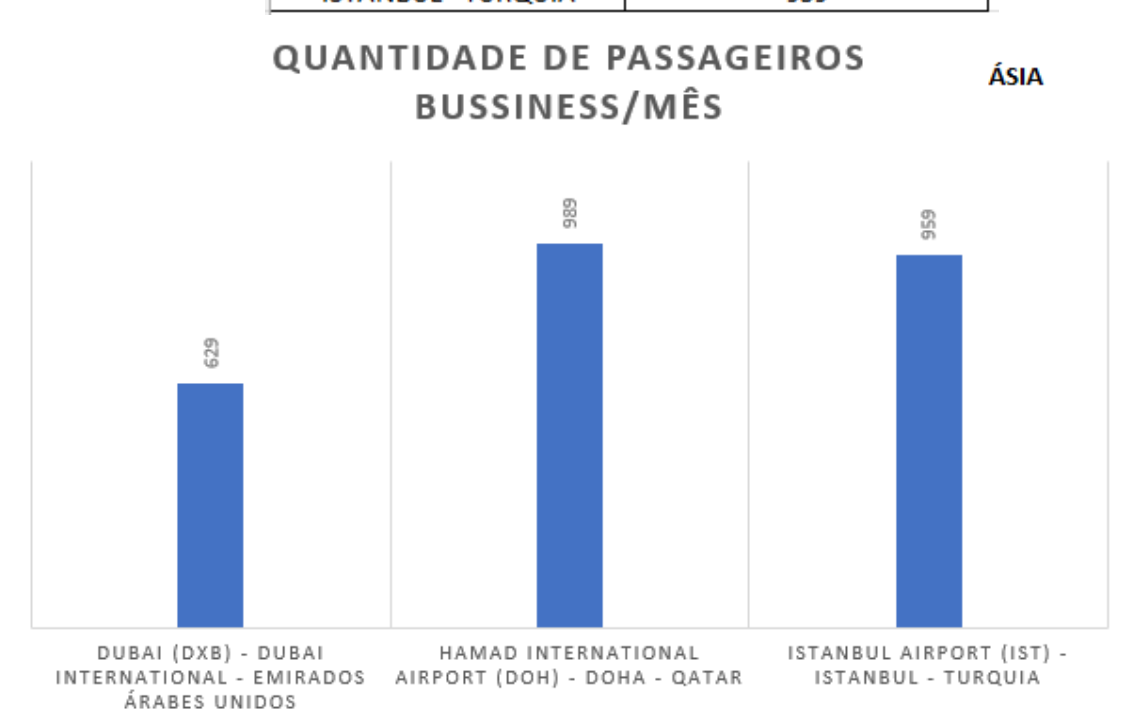


Figura 37 - Gráfico origem - Ásia X Quantidade de passageiros *business*/mês (período 01/06/2022 – 30/06/2022)

3.5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS SOB A DEMANDA DO EVTOL NO AEROPORTO GRU

Analisando os resultados das tabelas e gráfico acima, podemos concluir que voos oriundos do continente europeu totalizam, em aproximadamente, 10.500 passageiros *business* por mês na chegada no Aeroporto de Guarulhos, vindos de 14 diferentes países origem, sendo o maior percentual provenientes do aeroporto de Lisboa- Portugal, pela companhia aérea TAP. Este resultado provavelmente é devido a alta

porcentagem reservada de assentos *business* que a aeronave modelo A339 da companhia aérea TAP possui, cerca de 11,50% de acordo com pesquisas das diferentes frotas de avião da companhia aérea.

Para os dados pesquisados oriundos da América do Norte, podemos analisar que o destino que possui o maior número de passageiros *business* teve como origem o Aeroporto Hartsfield Jackson Atlanta International Airport, localizado em Atlanta, Estados Unidos. Como o resultado anterior, do continente europeu, o equipamento utilizado neste voo foi o modelo A333, da companhia aérea DELTA AIR LINES INC, que também possui uma alta taxa percentual de assentos reservados para classe *business*. De acordo com a companhia aérea, cerca de 9,41% assentos são reservados para esta classe.

Por fim, para voos oriundos da Ásia, na lista divulgada no Registros de Serviços Aéreos fornecida pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), apenas três diferentes destinos constavam na lista, sendo eles Dubai (Emirados Árabes Unidos), Doha (Qatar) e Istanbul (Turquia). Sendo assim, o maior número de passageiros registrado foi com origem em Doha, seguido de Istanbul, com uma diferença de apenas 29 passageiros entre eles. Aqui uma análise interessante é o fato de que, apesar da aeronave proveniente de Istanbul possuir uma porcentagem maior (9,72%) do que a aeronave proveniente do Qatar (8,00%), ainda assim Doha possui um maior número de passageiros *business*, devido a quantidade total de assentos da aeronave ser maior do que a de Instabul.

3.6 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA

3.6.1 DEMANDA DE PASSAGEIROS

Tomando como base o levantamento feito no item 3.5.2, e analisando as conclusões do item 3.5.3, temos os seguintes resultados finais da quantidade de passageiros da classe *business* com as chegadas de destinos internacionais no continente europeu, América do Norte e Ásia, no Aeroporto Internacional de Guarulhos:

Tabela 11 - Número total de passageiros *business*/mês (chegadas GRU)

Continente	Número total de passageiros <i>business</i> /mês. (chegadas)
EUROPA	10.462
AMÉRICA DO NORTE	8.773
ÁSIA	2.577
TOTAL	21.812

Analisando a tabela 11, chegamos que ao todo resultam 21.812 passageiros da classe *business* com origens dos três continentes mencionados acima, que possuem destino no Aeroporto Internacional de Guarulhos, em um período de um mês. Se considerarmos que um período médio de um mês possui 30 dias, chegamos a conclusão de que chegam, diariamente, 727 passageiros *business* por dia.

Analogamente para voos que possuem decolagem e, portanto, partem do Aeroporto Internacional de Guarulhos, temos o mesmo procedimento, assumindo que a demanda de passageiros *business* provenientes dos três continentes analisados neste estudo, seja igual de partidas e chegadas, temos que 727 passageiros *business* chegam em GRU, assim como mais 727 passageiros partem de GRU, totalizando assim em 1.454 passageiros *business* que chegam e partem diariamente.

3.6.2 QUANTIDADE DE OPERAÇÃO DE VOO eVTOL (MOVIMENTOS)

Considerando ainda que uma operação de voo de eVTOL gere dois movimentos, chegada + partida, e que a capacidade de movimento necessário de um eVTOL seja em média para seis passageiros, temos a seguinte análise para a total demanda do número de movimento para o período de chegadas, ou seja, analisando o período de horário pico predominantemente de manhã:

Tabela 12 - Número movimento necessário de eVTOL x Passageiros *business*/mês

1 movimento necessário eVTOL	6 passageiros
Número de movimentos necessários de eVTOL (X)	727 passageiros *

*727 passageiros que desembarcam em GRU, analisando o período de horário pico de manhã.

Com isto, seriam 121,16 movimentos necessários de voo eVTOL, ou seja, aproximadamente 122 movimentos necessários de voo eVTOL diariamente para atender a potencial demanda diária de passageiros *business* que desembarcam no período da manhã no Aeroporto Internacional de Guarulhos. Ou seja, adotamos aproximadamente 122 movimentos necessários de voos eVTOLs.

3.6.3 HORÁRIO PICO

Considerando ainda que existem dois diferentes *horários de pico**, um no período da manhã predominantemente para chegada dos voos internacionais, e um no período da noite para voos

predominantemente de partidas internacionais, podemos considerar que existem aproximadamente 727 passageiros no horário pico manhã, e mais 727 passageiros do horário pico de noite, em um dia.

** Horários de pico: componentes de um aeroporto que são dimensionados para atender ao tráfego na hora pico. Para que esta seja determinada, é necessária especificar um nível de tráfego, neste caso Passageiros / Hora, com o objetivo de assegurar que os componentes de infraestrutura aeroportuária atendam à demanda do nível de serviço desejado sem que sejam superdimensionados apenas para atender a poucas ocasiões de picos extremos.*

Em uma análise a fim de determinar quais são estes possíveis horários pico de chegada e partida, dentro do período de 24h, foram levantados dados de horários de voos dos destinos internacionais acima, e elaborada a seguinte análise:

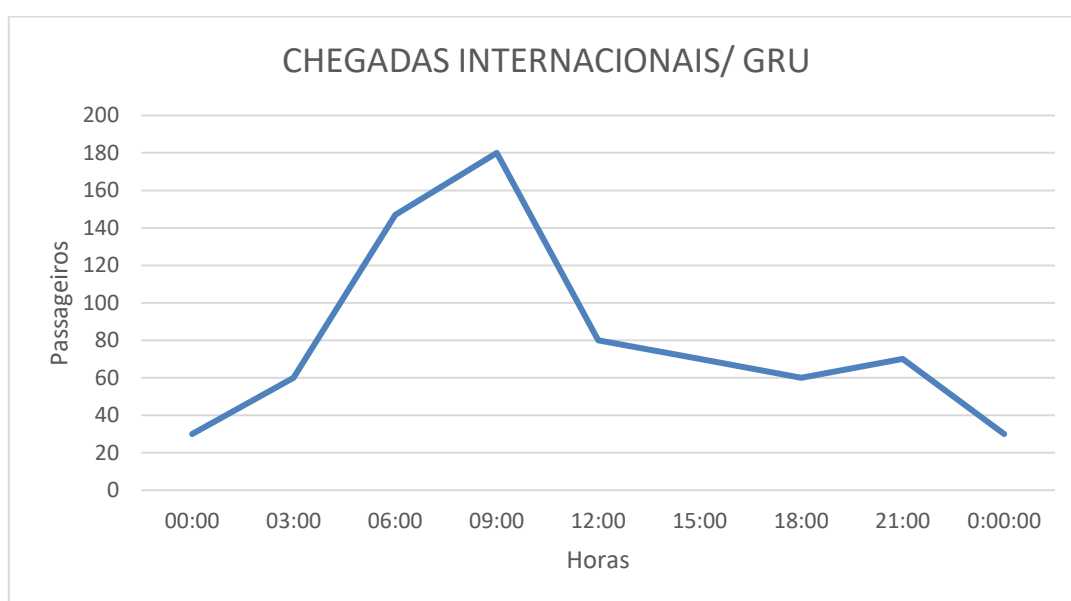


Figura 38 - Passageiros que chegam (desembarcam) no aeroporto de gru no período de 24h- horário pico entre 6h-9h

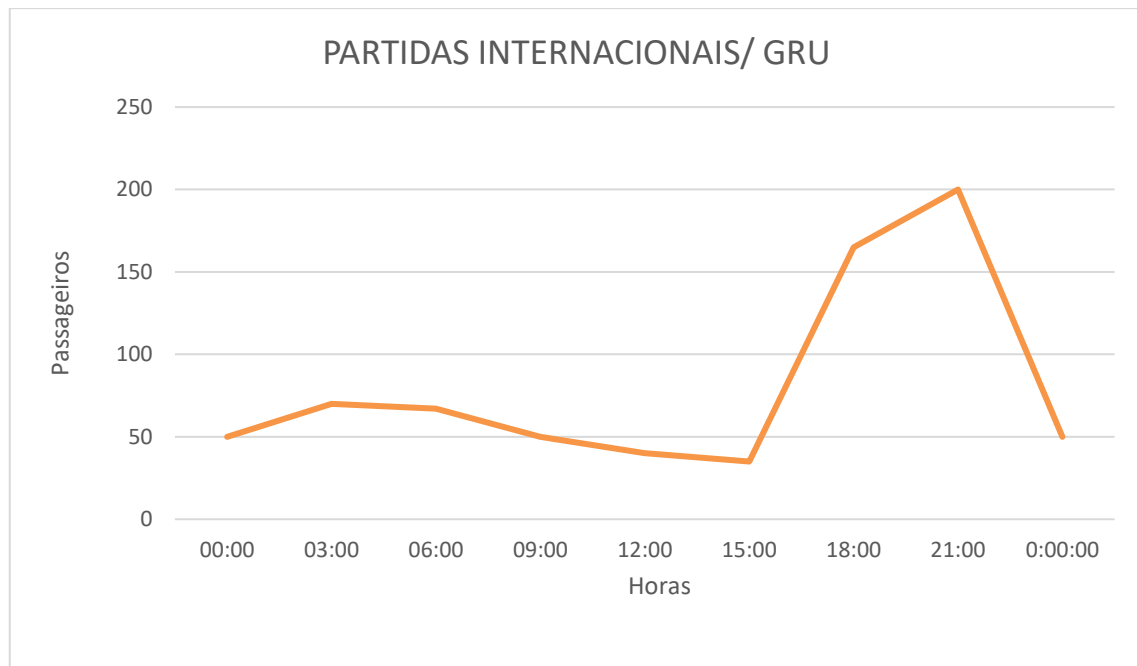


Figura 39 - Passageiros que partem (embarcam) no Aeroporto de GRU no período de 24h- horário pico entre 18h-21h

Analisando os resultados dos gráficos acima com os intervalos divididos a cada três horas em um período de um dia, podemos chegar a conclusão de que os horários picos de manhã se estabeleceram com as chegadas de voos internacionais no intervalo das 6h às 9h. Já no período noturno, este intervalo predominantemente com partidas internacionais, varia entre 18h às 21h no horário pico.

3.6.4 CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE AERONAVES

Para determinarmos o número de posições de estacionamento de aeronaves, de acordo com o livro *Aeroportos tópicos em planejamento e projetos-* (Lopes e Filho, 2022) , podemos utilizar a seguinte expressão:

$$G = (PH) * (ATM) * (OCUPAÇÃO) * (EFICIÊNCIA)$$

Onde:

G – número de posições; Gates.

PH – Fator de hora pico número de pouso e decolagem; número de movimentos o maior entre pouso e decolagens. Um eVTOL faz dois movimentos (chegada + partida), intervalo de projeto considerado: valor entre 0,5 à 1,0. Neste caso foi estimado 0,8*.

** Este valor, 0,8 significa oito aeronaves chegando e duas aeronaves partindo. Este termo da equação é um movimento de saída, ou seja, a maioria da parcela está chegando e poucos saindo.*

ATM = Número de movimentos por hora. Foi calculado com base na quantidade, já conhecida, do número total de movimentos de voos eVTOL por dia, dividido pelo intervalo de horas pico, expressa da seguinte maneira:

$$122 \text{ movimentos de voos eVTOL} \div 3 \text{ horas} = 41 \text{ movimentos de voos eVTOL/hora}$$

OCUPAÇÃO – tempo necessário para embarque e desembarque; tempo de uso em solo. Considerado tempo de 20 minutos para embarque e desembarque de passageiros.

EFICIÊNCIA – disponibilidade do pátio, intervalo de valor que varia entra 50% à 80%. Considerado 70%.

Admitindo estes valores mencionados acima e aplicando na fórmula, temos:

$$G = (PH) * (ATM) * (OCUPAÇÃO) * (EFICIÊNCIA)$$

$$G = (0,8) * (41) * \left(\frac{20}{60}\right) * \left(\frac{1}{0,7}\right)$$

$$G = (0,8) * (41) * (0,33) * (1,42) = 15,37 \text{ posições}$$

Totalizando então, em 15,37 posições para atender a demanda de passageiros *business* que chegam e partem diariamente do GRU. Aproximadamente 16 posições de eVTOL.

3.7 IDENTIFICAÇÃO DOS CENTROS GERADORES DE TRÁFEGO

3.7.1 REGIÃO DA VILA OLÍMPIA

O bairro da Vila Olímpia é considerado um dos mais nobres da capital paulista, localizado na zona Sul da cidade de São Paulo, é localizado no distrito do Itaim Bibi, e é administrado pela Subprefeitura de Pinheiros. O bairro é famoso por possuir um dos grandes centros financeiros da cidade. A Vila Olímpia, possui um dos mais movimentados e valiosos metros quadrados da América Latina. (*Vila Olímpia*, 2021)

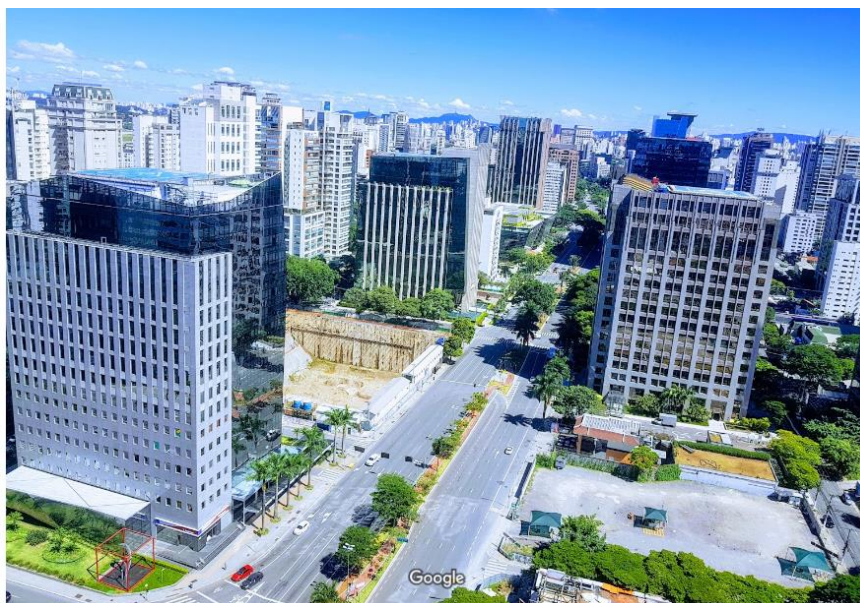


Figura 40 - Região do bairro Vila Olímpia
Fonte: (Google Maps, [s.d.])

Com o grande número de escritórios multinacionais presentes neste bairro, o número de helipontos é maior do que de pontos de ônibus. (*Vila Olímpia*, 2021)

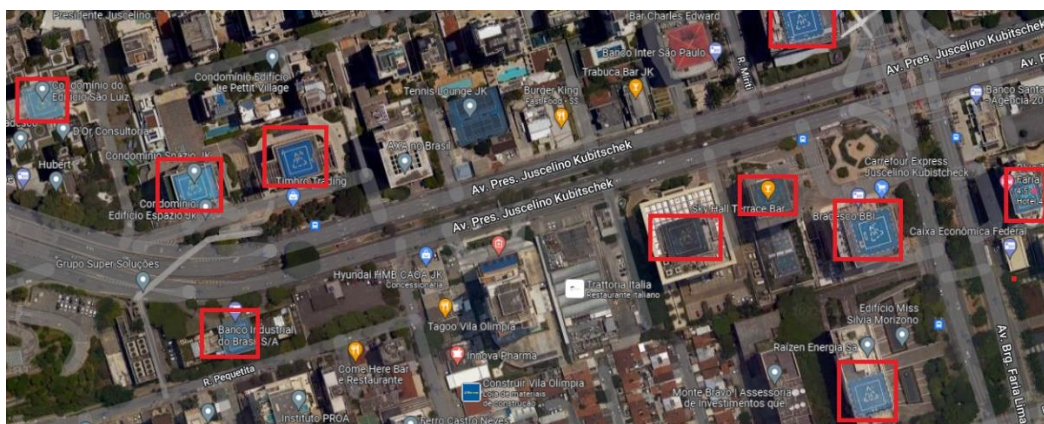


Figura 41 - Vista aérea com demarcação dos helipontos na região da Vila Olímpia
Fonte: (Google Maps, [s.d.])

Nesta região são inúmeros exemplos de polos geradores, devido o bairro conter diversos shoppings, universidades, empreendimentos de alto padrão, empresas multinacionais, estações de trem, hotéis, teatros, entre outras atrações. (*Vila Olímpia*, 2021)

Na figura 42, podemos observar alguns destes polos geradores de tráfego, em uma pequena parte da região da Vila Olímpia, como por exemplo:

- Estação de trem Vila Olímpia (1);
- Teatro Santander (2);
- Shopping JK Iguatemi (3);
- Millennium Office Park (4);
- Sky Hall Terrace Bar (5);
- Blue Tree Premium Faria Lima (6);
- Escritório Google São Paulo (7);
- Hipermercado Extra- Itaim Bibi (8);
- Hospital e Maternidade São Luiz Itaim (9);
- Hotel Mercure – Vila Olímpia (10).

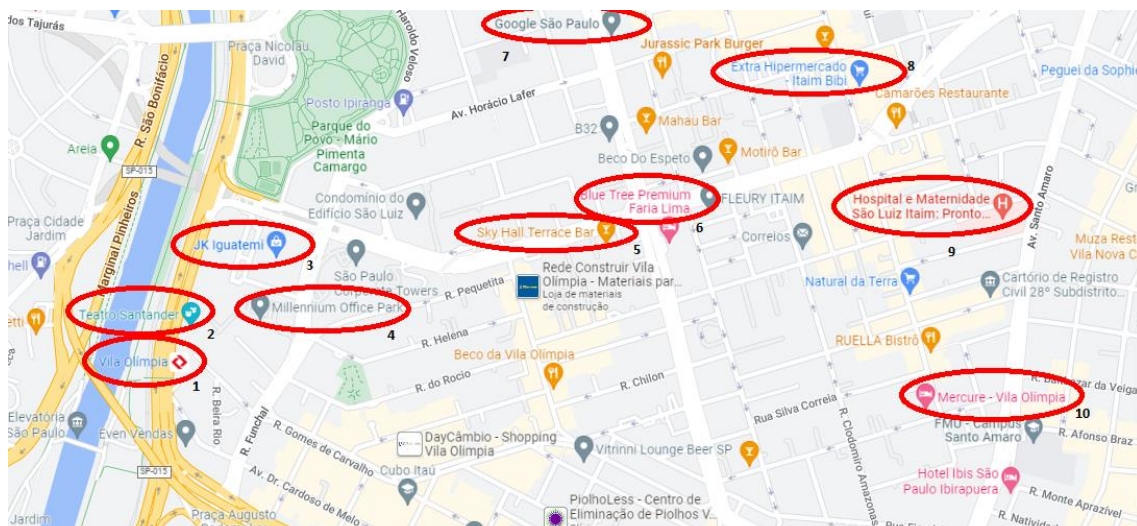


Figura 42 -Vista superior com demarcação de exemplos de polos geradores de tráfego da Vila Olímpia
Fonte: (Google Maps, [s.d.])

3.7.2 REGIÃO DA AV. PAULISTA

Outro ponto famoso dentro da cidade de São Paulo que contém inúmeros empreendimentos, museus, hotéis, escritórios multinacionais, e, portanto, um grande polo gerador de tráfego é a Avenida Paulista. Este logradouro está localizado no limite entre as zonas Centro-Sul, Central e Oeste, e é uma das regiões

mais elevadas da cidade. É considerada também uma das mais importantes vias e um dos principais centros financeiros da cidade, assim como um ponto turístico. A Avenida Paulista possui importância não só como polo econômico, mas também como centralidade cultural e de entretenimento. (*Avenida Paulista*, 2022)



Figura 43 - Avenida Paulista à noite
Fonte: (*Avenida Paulista*, 2022)

Como exemplo de atrações e consequentemente de polos geradores de tráfego, podemos citar sedes de empresas, bancos internacionais, hotéis, hospitais, consulados, estações de metrô, instituições científicas, shoppings, escolas, universidades, centros culturais, entre outros.



Figura 44 - Foto panorâmica da Avenida Paulista à noite
Fonte: (*Avenida Paulista*, 2022)

Podemos observar alguns destes polos geradores de tráfego demarcados na figura 45, todos localizados nos seus 2,8 km de extensão da avenida Paulista:

- Instituto Moreira Salles - IMS Paulista (1);
- Estação de metrô Consolação (2);
- Shopping Center 3 (3);
- Museu de Arte de São Paulo (4);
- Estação de metrô Trianon-Masp (5);
- Shopping Cidade São Paulo (6);
- Estação de metrô Brigadeiro (7);
- Itaú Cultural (8);
- Hospital Hcor (9);
- Estação de metrô Paraíso (10).

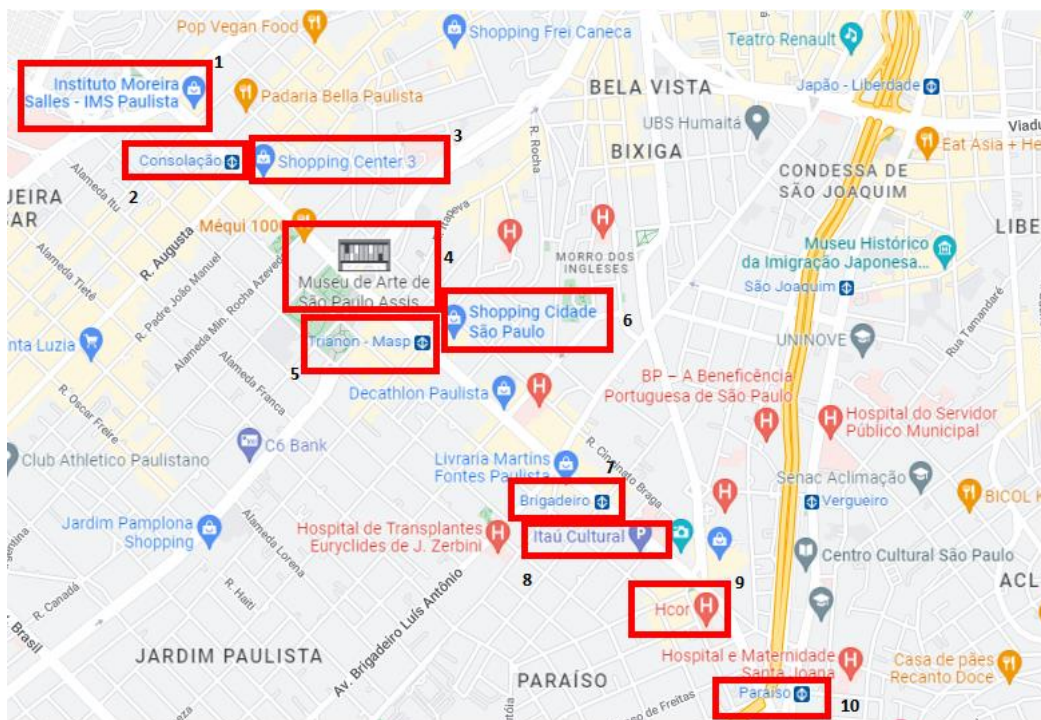


Figura 45 - Vista superior com demarcação de exemplos de polos geradores de tráfego da Av. Paulista
Fonte: (Google Maps, [s.d.])

Por meio da ferramenta disponibilizada pelo *Google Earth* foi especificado um trecho da Av. Paulista, considerando 2,5 km de extensão. Este trecho inicia no ponto da praça Oswaldo Cruz, considerado como início da Av. Paulista, e segue até o ponto final da esquina da Rua Consolação, aproximadamente na altura da Av. Paulista 2424.

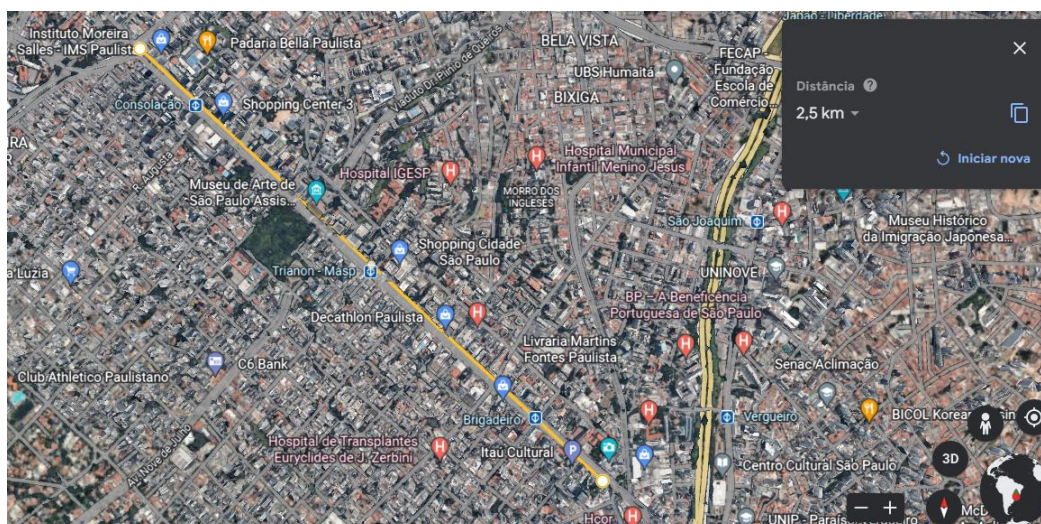


Figura 46 - Vista superior com demarcação do trecho da Av. Paulista

Fonte: (Google Maps, [s.d.])

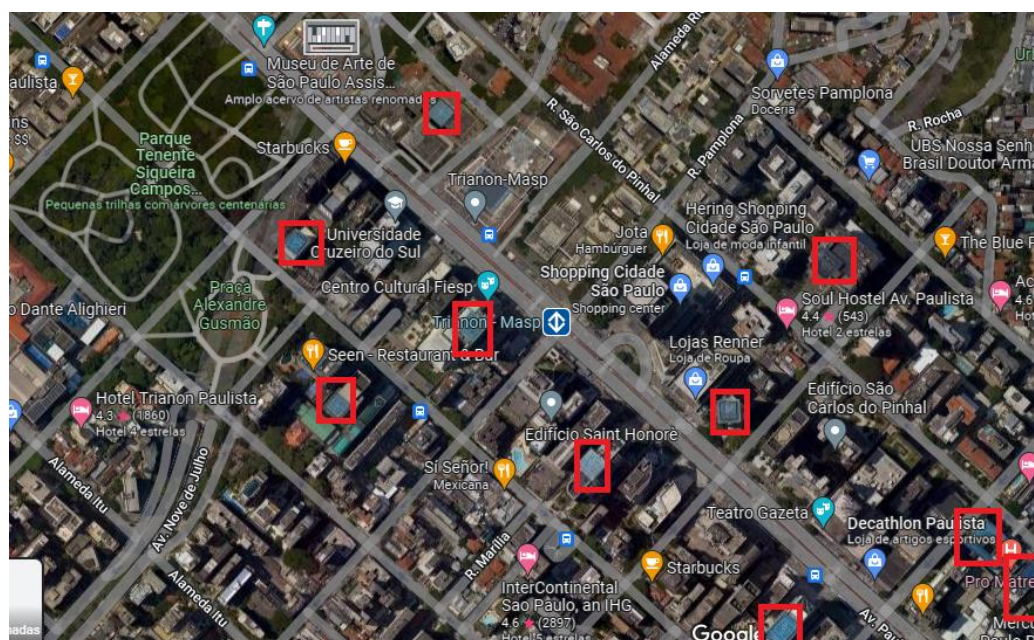


Figura 47 - Vista superior com demarcação do trecho da Av. Paulista

Fonte: (Google Maps, [s.d.])

3.8 DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE AERONAVES

O modelo da empresa brasileira Embraer, denominado Eve, já possui mais de 90 intenções de encomendas para o eVTOL (apresentadas durante um evento em Singapura). Atualmente a UAM da Embraer (Eve) está em um processo bastante avançado em termos de certificação e com grandes promessas de encomendas de empresas mundiais. Por isso, tomando como base este modelo, temos as seguintes dimensões: (Viana, 2022)

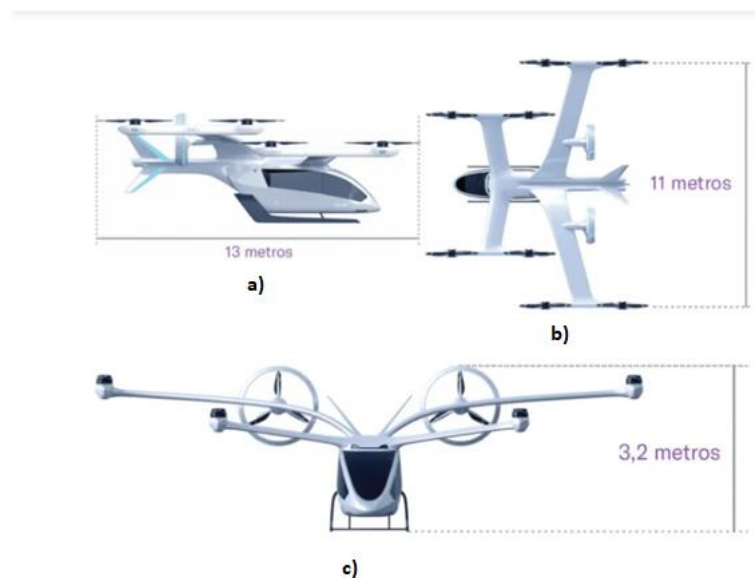


Figura 48 - Dimensões esperadas para o eVTOL da Embraer/Eve
Fonte: (Viana, 2022).

De acordo com as especificações técnicas de protótipo para projeto de vertiportos do manual da EASA (European Union Aviation), temos as seguintes normas e conceitos:

- FATO = área de aproximação final e decolagem

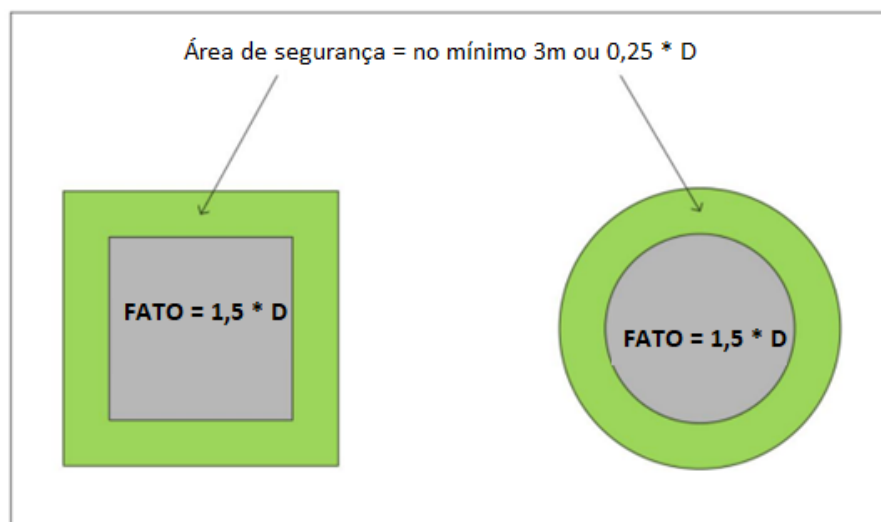


Figura 49 - FATO e área de segurança associada.
Fonte: traduzido e adaptado da EASA(en.pdf, [s.d.])

Considerando o modelo da Embraer, Eve, e assumindo que o diâmetro (D) seja de 13 metros, temos que:

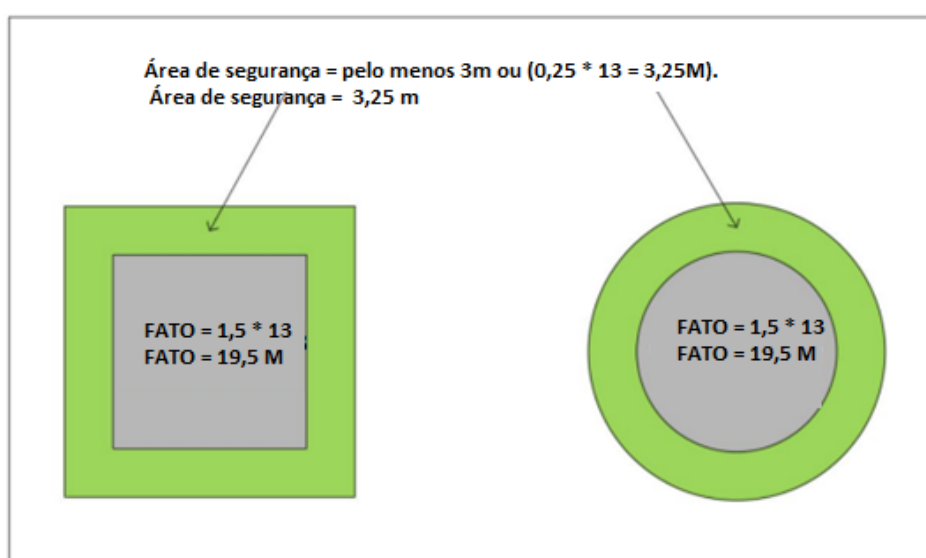


Figura 50 - FATO e área de segurança associada calculada com dimensões

Portanto, assumindo como modelo as dimensões acima, temos que é necessário 19,5 metros para o FATO, ou seja, área de aproximação final e decolagem para uma aeronave do tipo eVTOL, e ainda uma área de segurança de 3,25 metros.

Ainda pelas especificações técnicas do manual da EASA, temos que:

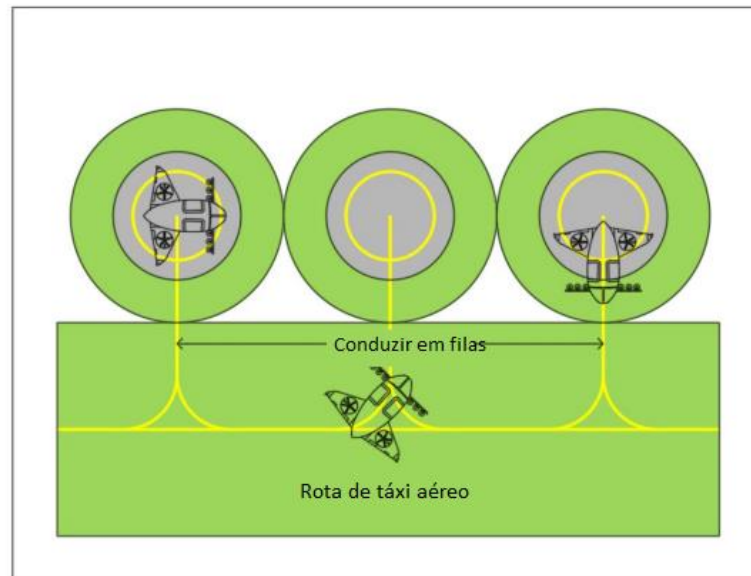


Figura 51 - Paradas de aeronaves com capacidade para VTOL
 Fonte: traduzido e adaptado da EASA(en.pdf, [s.d.])

Na figura 51, podemos observar o esquema proposto para o pátio de paradas de aeronaves do tipo eVTOL. Considerando ainda o mesmo modelo proposto acima (modelo da Embraer- Eve), ou seja, com o diâmetro de 13 metros, temos as seguintes considerações:

- 1 círculo equivale a um estacionamento para uma aeronave do tipo eVTOL.
- Área do círculo = πr^2 ; (equação 1)
- De acordo com o modelo Eve: diâmetro considerado = 13 metros, portanto raio = 6,5 metros.

Ou seja, substituindo o raio por 6,5 metros na equação 1, temos que a área necessária para o estacionamento de uma aeronave eVTOL é de 132,73 m².

$$\begin{aligned} \text{Área} &= \pi r^2 \\ \text{Área} &= \pi * 6,5^2 = 132,73 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

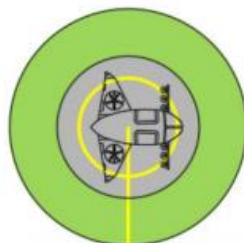


Figura 52 - Área necessária para o estacionamento de uma aeronave eVTOL

3.9 CONCLUSÃO ESTUDO DE CASO

Com base no levantamento e cálculos realizados no item 3.6.4 – *cálculo do dimensionamento do pátio de aeronaves*-, temos como resultado que serão necessários 16 posições para atender a demanda de passageiros da classe *business* oriundos dos continentes Europeu, América do Norte e da Ásia que possuem chegadas no Aeroporto Internacional de Guarulhos.

Com isso, podemos realizar a possível configuração para proposta de pátio de aeronaves que acomodem este total de demanda:

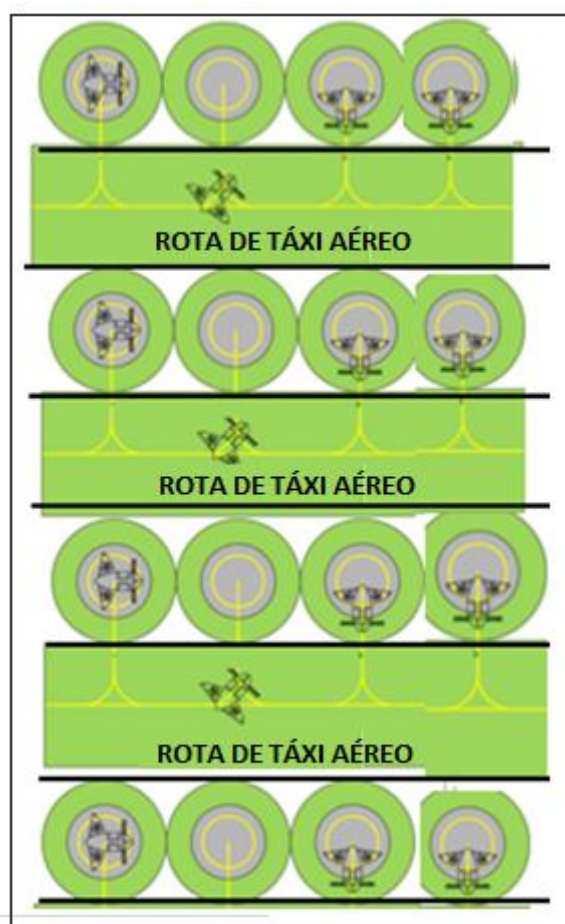


Figura 53 - Proposta de modelo para o pátio de aeronaves eVTOL com 16 posições

De acordo com o manual de especificações técnicas do protótipo para o projeto de vertiportos da EASA (PTS-VPT-DSN, março de 2022), temos a seguinte especificação:

- “ Uma rota de táxi terrestre de aeronave com capacidade de VTOL deve ter uma largura mínima de 1,5 vezes a largura total da maior aeronave com capacidade de VTOL que se destina a servir e estar centrada em uma pista de táxi” (PTS-VPT-DSN, pág. 36), de acordo com a figura 54:

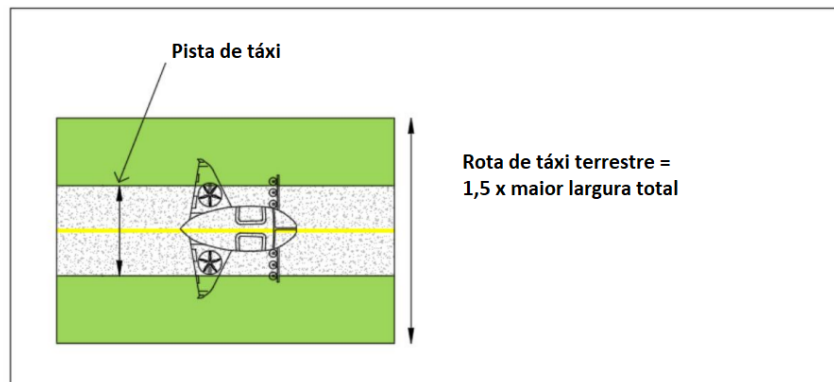


Figura 54 - Pista de táxi de aeronaves com capacidade VTOL/rota de táxi terrestre

Ou seja, para as dimensões consideradas no estudo temos que a rota de táxi é igual a 19,5 metros, como ilustrada na figura 55:

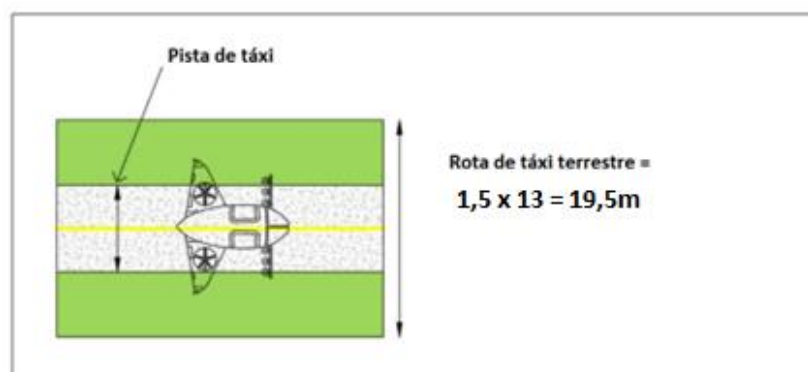


Figura 55 - Pista de táxi de aeronaves com capacidade VTOL/rota de táxi terrestre

Com o objetivo de calcularmos a área necessária para esta configuração deste pátio de aeronaves, podemos considerar as seguintes características com suas respectivas áreas:

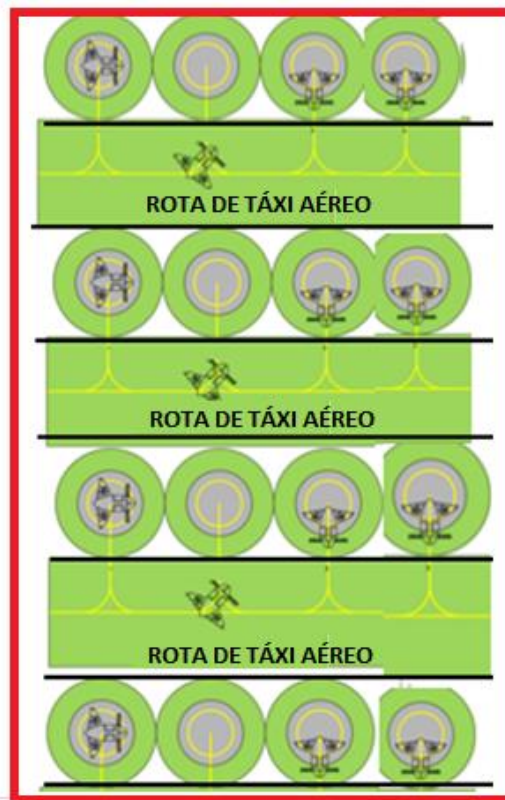


Figura 56 - Demarcações de áreas do pátio de aeronaves.

O retângulo 1 demarcado em vermelho na figura 56, possui as seguintes dimensões:

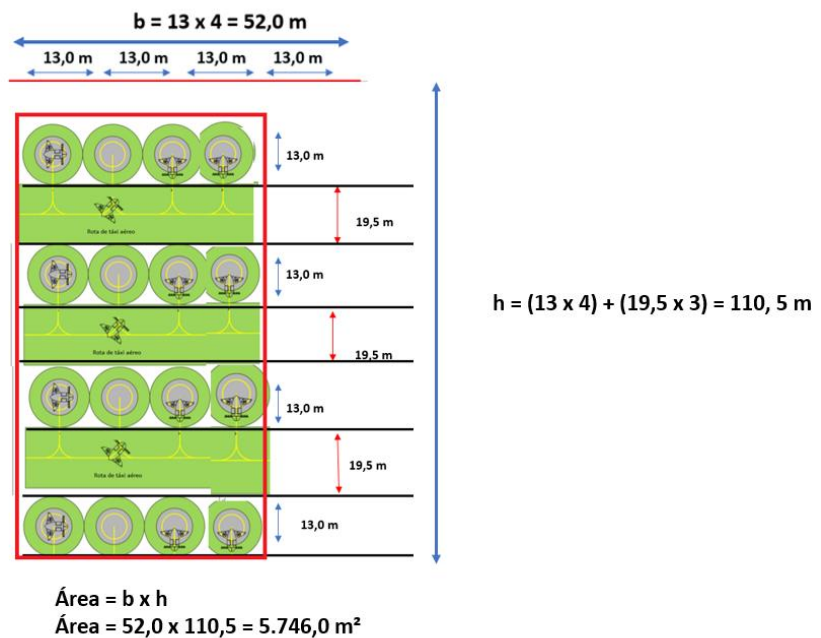


Figura 57 - Demarcações de áreas do pátio de aeronaves.

Com isso, temos o seguinte quadro resumo de área, ilustrada na tabela 13 a seguir:

Tabela 13: Quadro resumo de área.

Descrição	Área (m ²)
4 fileiras com configuração de 4 posições - <i>retângulo 1</i>	5.746

Com isso, temos como sugestão de metodologia para a cidade de São Paulo é viável uma rede de infraestrutura aérea que comporte uma área de 5.746,0 m² para a construção deste possível pátio de aeronaves para modelos de eVTOL com estas características. Portando, sugere-se a reutilização da rede de helipontos já existentes, como o caso da região da Av. Paulista e Av. Faria Lima, bem como uma proposta de uma área localizada no aeroporto de Congonhas- SP, localizado no centro da cidade de São Paulo. Isso para atender a demanda calculada de 16 posições de aeronaves do tipo eVTOL, considerando dimensões do modelo da Embraer, protótipo do modelo Eve.

Importante ressaltar, que foram considerados que todos os passageiros da classe *bussiness* seriam potenciais candidatos para o uso do eVTOL. Esta consideração foi realizada com o intuito de adotar o cenário mais conservador. Ainda se pensarmos que não foi considerado os passageiros da 1ª classe e que alguns poucos da classe turística também poderiam ser potenciais usuários, é razoável assumir esta demanda.

Outro aspecto importante, é o fato de considerar que os potenciais passageiros usuários do eVTOL utilizariam juntos o eVTOL para o descolamento do trajeto entre o aeroporto Internacional de Guarulhos, e os principais locais de demanda da classe *business/executiva*. Isto porque, uma vez que apanharem o uso do eVTOL juntos ao invés de individualmente em modais comuns terrestres como táxi, ônibus, carros compartilhados, entre outros, e mesmo para a opção de utilizar o helicóptero individualmente, o uso compartilhado do eVTOL proporcionaria muitas vantagens, como por exemplo:

- Custo benefício;
- Fator tempo de espera para modais terrestres;
- Otimização do tempo direcionado diretamente nos polos geradores de tráfego e/ou para o Aeroporto Internacional de Guarulhos;
- Maior segurança (assaltos, sequestros, roubos, segurança física).

Por fim, é importante ressaltar a infraestrutura existente dos helipontos, tanto da Av. Paulista quanto na Av. Faria Lima, e também uma sugestão de uma área já existente dentro do Aeroporto de Congonhas, atende esta área para esta potencial demanda. Assim como comentado durante a revisão bibliográfica desta dissertação, o desafio maior é o marco regulatório e a organização e controle do espaço aéreo em ambiente urbano para que este tipo de mobilidade vire uma realidade.

CAPÍTULO 4

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 DESENVOLVIMENTOS FUTURO

A pesquisa e o interesse no UAM cresceram exponencialmente nos últimos cinco anos, mas permanecem questões significativas sobre se o UAM se tornará a próxima tecnologia disruptiva no transporte urbano.

Como visto nas análises das publicações e estudos existentes da UAM, grande parte da ênfase até o momento foi focada em questões fundamentais.

Como projetar uma aeronave eVTOL ?

Como criar baterias mais densas em energia para apoiar as missões eVTOL?

Como projetar o espaço aéreo para que operações eVTOL de alto volume possam ocorrer simultaneamente com operações comerciais?

Como irá ser o dimensionamento do pátio de aeronaves para o modal eVTOL? Haverá espaço para este pátio de aeronaves em uma cidade globalizada? Questões que abordam como sugestão o exemplo do estudo de caso elaborado nesta dissertação.

Haverá demanda por um serviço de táxi aéreo eVTOL e, em caso afirmativo, quais casos modelos de negócios fazem mais?

Questões como estas, exemplificam o quão inovador e desafiador é este tema de implementação da mobilidade aérea avançada.

4.2 CONCLUSÃO

Diante de diversas fontes de pesquisa, realização de estudo de caso, revisões bibliográficas e estudos aprofundados sobre o tema da mobilidade aérea urbana (UAM), chegamos a conclusão de que a UAM é de fato um novo modal que promete revolucionar a era tecnológica e híbrida dos meios de transportes atuais existentes.

Considerando o conceito principal do eVTOL, sendo a mistura de carro voador com o helicóptero elétrico, e considerando que este modal pode revolucionar a mobilidade urbana, podemos afirmar que a mobilidade aérea passou por diversas modificações ao longo do tempo, e com o auxílio da tecnologia e um mundo cada vez mais sustentável foi necessário uma nova adaptação e um modelo de criação para que fosse possível a criação deste tipo de mobilidade aérea avançada.

Diante do desafio de implantar uma nova realidade para o espaço aéreo, são diversos desafios presentes. Como por exemplo o desafio dos marcos regulatórios e legais para a implementação destes modais.

A necessidade de se implementar padrões de certificação e integração comunitária para o estabelecimento do mercado da UAM e de sua ampla utilização.

Para que as possíveis implementações da UAM se tornem uma realidade, um requisito regulatório é fundamental para contornar algumas zonas de exclusão aérea, ou a necessidade da criação de infraestrutura aeroportuária adequada, para assim evitar transtornos para a população, como excesso de ruídos, além de diversas razões de segurança.

Esta dissertação oferece informações para futuros progressos e acompanhamento dos avanços tecnológicos, enquanto ressalta ainda a importância de órgãos públicos que devem concentrar em aumentar a conscientização pública e máxima aceitação social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAF - **Carro voador brasileiro da Embraer terá versão com marca Senna**. ABRACAF [Em linha]. 2022, atual. 2022. [Consult. 6 abr. 2022]. Disponível em: <<https://abracaf.com.br/abracafnews/carro-voador-brasileiro-da-embraer-tera-versao-com-marca-senna/>>.

AIR SERVICES - **EmbraerX and Airservices Australia release Concept of Operations for Urban Air Mobility**. AIRSERVICES [Em linha]. 2020, atual. 2020. [Consult. 15 mar. 2022]. Disponível em: <<https://engage.airservicesaustralia.com/62089/widgets/318861/documents/188636>>

AIRBUS - **What is unmanned traffic management?**. AIRBUS [Em linha]. 2019, atual. 2019. [Consult. 07 abr. 2022]. Disponível em: <<https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2019-10-what-is-unmanned-traffic-management>>.

ALMEIDA, Saori - **O que é o eVTOL: entenda o conceito de táxi aéreo que vai mudar a mobilidade urbana**. Mundo Conectado [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 12.mar. 2022]. Disponível em: <<https://mundoconectado.com.br/artigos/v/21908/o-que-e-o-evtol-entenda-o-conceito-de-taxi-aereo-que-vai-mudar-a-mobilidade-urbana>>.

ALVES, C. G. P.; COUTO, C. M. F. - Infra-estrutura para VTOL na cidade de São Paulo. **VII SITRAER** [Em linha]. 72 (2008) 41-48. [Consult. 18 jan. 2022]. Disponível em: <<https://cabecadepapel.com/sites/viisitraer2008/pdf/72.pdf>>.

BEYNE, Egon E.; CASTRO, Saullo G. - Preliminary performance assessment of a long-range eVTOL aircraft. **AIAA Scitech 2022 Forum** [Em linha]. (2022). [Consult. 7 mar. 2022]. Disponível em: <<https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2022-1030>>.

BOM DIA SUÍÇA - **Alemães prometem serviço de táxis voadores em 2024**. [Em linha]. [S.L]. 2021, atual. 2021. [Consult. 18 mar. 2022]. Disponível em: <<https://bomdia.ch/alemaes-prometem-servico-de-taxis-voadores-em-2024/>>.

BRUMMER, Florian *et al.* - **Final approach: How airports can prepare for advanced air mobility**. [Em linha]. [S.L]. 2021, atual. 2021. [Consult. 5 abr. 2022]. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/final-approach-how-airports-can-prepare-for-advanced-air-mobility>>.

CATULO, Kátia - **Os primeiros táxis voadores vão sobrevoar as cidades em 2024**. Diário de Notícias [Em linha]. . 2021, atual. 2021. [Consult. 07 abr. 2022]. Disponível em: <<https://www.dn.pt/dinheiro/os-primeiros-taxis-voadores-vaao-sobrevoar-as-cidades-em-2024-14005397.html>>.

DIÁRIO DO POVO ONLINE - **França testa táxis aéreos elétricos a serem usados nas Olimpíadas de Paris 2024**. [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<http://portuguese.people.com.cn/n3/2021/0622/c309810-9863752.html>>.

DUFFY, Michael James, *et al.* - A Study in Reducing the Cost of Vertical Flight with Electric Propulsion. 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. **American Institute of Aeronautics and Astronautics**. [Em linha]. (2017) Mai. 2017. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318235979_A_Study_in_Reducing_the_Cost_of_Vertical_Flight_with_Electric_Propulsion>. DOI: 10.2514/6.2017-3442.

DYNIEWICZ, Luciana - **Conheça 4 startups que estão à frente na corrida pelo 'carro voador'**. Estadão [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 6 abr. 2022]. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,conheca-4-startups-que-estao-a-frente-na-corrida-pelo-carro-voador,70003789638>>.

ELECTRIC VTOL NEWS - **Kelekona Unnamed eVTOL**. [Em linha]. Nova York. Sem data. [Consult. 6 abr. 2022]. Disponível em: <<https://evtol.news/kekona-unnamed-evtol>>.

EVE MOBILITY REIMAGINED - **Eve, the first spin-off from EmbraerX, is launched to shape the future of Urban Air Mobility**. [S.L.]. 2020, atual. 2020. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://eveairmobility.com/eve-the-first-spin-off-from-embraerx-is-launched-to-shape-the-future-of-urban-air-mobility/>>.

FADINI, Thiago - **Eve, da Embraer, anuncia carro voador em homenagem a Ayrton Senna**. O Especialista [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 3 mai. 2022]. Disponível em: <<https://oespecialista.com.br/eve-air-mobility-embraer-carro-voador-ayrton-senna/>>.

FELDHOFF, Eva; ROQUE, Gonçalo Soares - Determining infrastructure requirements for an air taxi service at Cologne Bonn Airport. **CEAS Aeronautical Journal** [Em linha]. 10:4 (2021) 821–833. [Consult. 20 mar. 2022]. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13272-021-00544-4.pdf>>. DOI: 10.1007/s13272-021-00544-4.

FERREIRA, Carlos - **Aeroporto de Guarulhos registra 2,35 milhões de passageiros no mês de fevereiro**. AERON [Em linha]. 2022, atual. 2022 [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em:

<<https://aeroin.net/aeroporto-de-guarulhos-registra-235-milhoes-de-passageiros-no-mes-de-fevereiro/>>.

GALANTE, Alexandre - **EmbraerX revela novo conceito de veículo voador para a mobilidade aérea urbana do futuro**. Poder Aéreo [Em linha]. 2019, atual. 2019. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://www.aereo.jor.br/2019/06/11/embraerx-revela-novo-conceito-de-veiculo-voador-para-a-mobilidade-aerea-urbana-do-futuro/>>.

Garrow, Laurie A. *et al.* - Urban air mobility: A comprehensive review and comparative analysis with autonomous and electric ground transportation for informing future research. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies** [Em linha]. 132:2 (2021) 103-377. [Consult. 7 abr. 2022]. Disponível em: <Urban air mobility: A comprehensive review and comparative analysis with autonomous and electric ground transportation for informing future research>. DOI: 10.1016/j.trc.2021.103377.

GESTÃO URBANA - Gestão Urbana. [Em linha]. [S.D.]. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/>>.

GOYAL, R. *et al.* **Urban Air Mobility (UAM) Market Study** [Em linha]. [S.L.]. 2018, atual. 2019. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/citations/20190001472>>

HESSEL, Rosana. **Embraer testa rota de operação de futuro carro voador elétrico**. Correio Braziliense [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 8 mai. 2022]. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/economia/2021/10/4958279-embraer-testa-rota-de-operacao-de-futuro-carro-voador-eletrico.html>>.

KOUMOUTSIDI, Annitsa *et al.* - A New Mobility Era: Stakeholders' Insights regarding Urban Air Mobility. **Sustainability**, 14:5 (2022) 31-28. [Consult. jun. 2022]. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/3128>>.

LOPES, D. R.; FILHO, O. S. R. - Aeroportos: tópicos em planejamento e projeto. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2021. 375 p. ISBN 9786525014418

LOUREIRO, Adyelson Felix - **Requisitos de infraestrutura para operação de eVTOL no Brasil**. Palhoça: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2021. 28 p. Monografia

MELO, Sofia Pinheiro, *et al.* (2020). Life Cycle Engineering of future aircraft systems: the case of eVTOL vehicles. **Procedia CIRP** [Em linha]. 90 (2020) 297-302. [Consult. 13 mai. 2022]. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120301062>>.

MENDONÇA, Heloísa - **São Paulo: a metrópole dos helicópteros**. ElpaisBrasil [Em linha]. 2016, atual. 2016. [Consult. 20 mai. 2022]. Disponível em:

<https://brasil.elpais.com/brasil/2016/07/14/politica/1468519702_827813.html#:~:text=A%20cada%20cinco%20minutos%2C%20pelo,H.%20M.&text=H%C3%A1%20anos%20eles%20comp%C3%B5e%20a,%20transporte%20no%20mundo%20inteiro>.

MOREIRA, Beth - **Embraer: Eve e Halo firmam parceria para criar produtos de mobilidade urbana**. CNN Brasil [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/embraer-eve-e-halo-firmam-parceria-para-criar-produtos-de-mobilidade-urbana/>>

MUNDO EDUCAÇÃO - Cidade de São Paulo. [Em linha]. [S.D.]. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/cidade-de-sao-paulo.htm>>.

PASSAGEIRO DE PRIMEIRA. **Virgin Atlantic é mais uma companhia interessada em explorar a Mobilidade Aérea Urbana** [Em linha]. 2021, atual. 2021. [S.L.]. [Consult. em 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://passageirodeprimeira.com/virgin-atlantic-e-mais-uma-companhia-interessada-em-explorar-a-mobilidade-aerea-urbana/>>.

PAUL, S.; LORENZO, M.; CORDIOLI, J. A. - **Considerações iniciais sobre a regulamentação de ruído para aeronaves eVTOL Initial considerations on acoustic regulation for eVTOL aircraft. Acústica e Vibrações** [Em linha]. 52:35 (2020) 101-127. [Consult. 9 mar. 2022] Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/344275265_Consideracoes_iniciais_sobre_a_regulamentacao_de_ruido_para_aeronaves_eVTOL_Initial_considerations_on_acoustic_regulation_for_eVTOL_aircraft>.

PAVEL, M. D. - Understanding the control characteristics of electric vertical take-off and landing (eVTOL) aircraft for urban air mobility. **Aerospace Science and Technology** [Em linha]. 125 (2022). [Consult. 9 mar. 2022]. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ast.2021.107143>>.

PORTAL UOL - **Boeing investe US\$ 450 milhões em empresa de táxis voadores Wisk**. [Em linha]. [S.L.]. 2022, atual. 2022. [Consult. 07 abr. 2022]. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2022/01/24/boeing-investe-us-450-milhoes-em-empresa-de-taxis-voadores-wisk.htm>>.

RENDÓN, M. A. *et al.* - Aircraft Hybrid-Electric Propulsion: Development Trends, Challenges and Opportunities. **Journal of Control, Automation and Electrical Systems** [Em linha]. 32: 5, 1244–1268. (2021) Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s40313-021-00740-x>>.

RIBEIRO, Felipe - **Qual a diferença entre quadricoptero, drone e carro voador?** CanalTech [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 5 mar. 2022]. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/veiculos/qual-a-diferenca-entre-quadricoptero-drone-e-carro-voador-188683/>>

ROSA, Silvio José - **Transporte e Exclusão Social: A mobilidade da população de baixa renda da região metropolitana de São Paulo e Trem Metropolitano**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 161 p. Dissertação de mestrado.

ROTHFELD, Raul *et al.* - Potential Urban Air Mobility Travel Time Savings: An Exploratory Analysis of Munich, Paris, and San Francisco. **Sustainability** [Em linha] 13:4 (2021) 2217. [Consult. em 18 mar. 2021]. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/2217>>.

SAORI, Almeida - **O que é o eVTOL: entenda o conceito de táxi aéreo que vai mudar a mobilidade urbana**. Mundo Conectado [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 22 mar. 2022]. Disponível em: <<https://mundoconectado.com.br/artigos/v/21908/o-que-e-o-evtol-entenda-o-conceito-de-taxi-aereo-que-vai-mudar-a-mobilidade-urbana>>.

STRAUBINGER, Anna; MICHELMANN, Johannes; BIEHLE, Tobias - Business model options for passenger urban air mobility. **CEAS Aeronautical Journal** [Em linha]. 12: 2 (2021) 361–380. [Consult. 26 jun. 2022]. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13272-021-00514-w>>.

TEIXEIRA JR., Sérgio. - **Tudo sobre o eVTOL, o carro elétrico voador que fez a Embraer decolar**. Reset [Em linha]. 2021, atual. 2021. [Consult. 18 mar. 2021]. Disponível em: <<https://www.capitalreset.com/tudo-sobre-o-evtol-o-carro-eletrico-voador-que-fez-a-embraer-decolar/>>.

VALENTE, Leonardo - **Hyundai quer produzir carros voadores e terá ajuda de ex-NASA**. Blog do Valente [Em linha], 2019, atual. 2019. [Consult. 19 mar. 2022]. Disponível em: <<https://blogdovalente.com.br/tecnologia/2019/10/hyundai-quer-produzir-carros-voadores-e-tera-ajuda-de-ex-nasa/>>.

VASCIK, Parker D.; HANSMAN, John R. - Development of Vertiport Capacity Envelopes and Analysis of Their Sensitivity to Topological and Operational Factors. **Scitech Forum** [Em linha]. (2019). [Consult. 9 mar. 2022]. Disponível em: <<https://doi.org/10.2514/6.2019-0526>>.

VIANA, Pedro - **Embrar diz que está comercializando eVTOL por US\$ 3 milhões cada**. Aeroflap. Notícias [Em linha]. 2022, atual. 2022. [Consult. abr. 2022]. Disponível em: <<https://www.aeroflap.com.br/embraer-diz-que-esta-comercializando-evtol-por-us-3-milhoes-cada/>>.

ZHAO, Pengli *et al.* - Environmental impact analysis of on-demand urban air mobility: A case study of the Tampa Bay Area. **Transportation Research Part D: Transport and Environment** [Em linha]. 110 (2022) 103438. [Consult. 8 jun. 2022]. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103438>>.