

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS

Gabriel Caliente Lima

**PROSPECÇÃO NA MOBILIDADE AÉREA
URBANA: ANÁLISE ESTRUTURAL E DE
ATORES**

SÃO CARLOS -SP

GABRIEL CALIENTE LIMA

**PROSPECÇÃO NA MOBILIDADE AÉREA URBANA: ANÁLISE ESTRUTURAL E
DE ATORES**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Administração e Sociedade, da
Universidade Federal de São Carlos,
para obtenção do título de Mestre em
Administração e Sociedade.

Orientador: Ana Rita Tiradentes Terra
Argoud

São Carlos-SP
2026

Lima, Gabriel Caliente

PROSPECÇÃO NA MOBILIDADE AÉREA URBANA:
ANÁLISE ESTRUTURAL E DE ATORES / Gabriel
Caliente Lima, Ana Rita Tiradentes Terra Argoud -- 2026.
157f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São
Carlos, campus São Carlos, São Carlos
Orientador (a): Ana Rita Tiradentes Terra Argoud
Banca Examinadora: Daniel Braatz Antunes de Almeida
Moura, Rodrigo Duarte Soliani
Bibliografia

1. Mobilidade Aérea Urbana. 2. Análise prospectiva. 3.
Sistemas sociotécnicos. I. Lima, Gabriel Caliente. II.
Argoud, Ana Rita Tiradentes Terra. III. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Arildo Martins - CRB/8 7180

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Administração e Sociedade

Folha de Aprovação

Defesa de Mestrado do Candidato Gabriel Caliente Lima, realizado em 19/03/2026¹

Comissão Julgadora:

Prof. Dra. Ana Rita Tiradentes Terra Argoud (FATEC)

Prof. Dr. Daniel Braatz Antunes de Almeida Moura (UFSCar)

Prof. Dr. Rodrigo Duarte Soliani (IFAC)

¹O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós Graduação em Administração e Sociedade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, apoio de toda minha família nesta jornada, a professora Dra. Ana Terra pela orientação, paciência e dedicação. Por fim, ao programa de Pós-Graduação em Administração e Sociedade da Universidade Federal de São Carlos.

RESUMO

Esta pesquisa analisa a Mobilidade Aérea Urbana (MAU) como um sistema sociotécnico em processo de inovação, com o objetivo de compreender as variáveis que estruturam sua dinâmica e os atores que condicionam sua evolução. Adota-se abordagem qualitativa, de caráter exploratório, combinando revisão sistemática de literatura e análise prospectiva. A revisão sistemática permitiu mapear o estado da arte sobre o tema, identificando 255 estudos e evidenciando a natureza multidimensional da MAU, com concentração das publicações nos campos da engenharia, dos estudos de mercado, da regulamentação e da tecnologia da informação. Os achados da revisão indicam que a consolidação da MAU depende do avanço articulado entre diferentes dimensões, especialmente desenvolvimento tecnológico, infraestrutura, regulação, financiamento e aceitação social. Com base nessa fundamentação, a análise prospectiva evidenciou que variáveis tecnológicas e regulatórias exercem papel central na estruturação do sistema, condicionando de maneira decisiva o comportamento das demais dimensões. Infraestrutura, padrões de voo e autonomia destacam-se como elementos de ligação, por articularem decisões estruturais e materialização operacional do conceito. Em contrapartida, aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais apresentaram menor capacidade de indução, assumindo papel mais reativo e tendencialmente subsequente ao avanço das condições tecnológicas, normativas e operacionais. No que se refere aos atores, observou-se assimetria de poder, com predomínio dos domínios regulatório e financeiro, cujos agentes ocupam posições mais influentes na condução do sistema. Fabricantes de eVTOL e atores de infraestrutura revelaram-se estratégicos para a implementação da MAU, embora fortemente condicionados por decisões regulatórias e pela disponibilidade de financiamento, enquanto plataformas e público apresentaram maior dependência e influência predominantemente indireta. Conclui-se que a evolução da MAU decorre menos de conflitos estruturais entre atores e mais da necessidade de coordenação entre capacidades tecnológicas, institucionais, econômicas e operacionais. Os resultados reforçam que a MAU não deve ser compreendida apenas como inovação aeronáutica, mas como fenômeno sistêmico e multidimensional, cuja viabilização depende da convergência entre diferentes áreas e agentes. Como contribuição, o estudo oferece uma interpretação integrada do tema, articulando a produção científica recente à análise prospectiva das condições que podem favorecer ou restringir a consolidação do conceito.

Palavras-chave: Mobilidade Aérea Urbana. Prospeção. Revisão Sistemática de Literatura. Aviação.

ABSTRACT

This research analyzes Urban Air Mobility (UAM) as a sociotechnical system in the process of innovation, aiming to understand the variables that structure its dynamics and the actors that condition its evolution. A qualitative, exploratory approach is adopted, combining a systematic literature review and prospective analysis. The systematic review made it possible to map the state of the art on the subject, identifying 255 studies and highlighting the multidimensional nature of UAM, with a concentration of publications in the fields of engineering, market studies, regulation, and information technology. The findings of the review indicate that the consolidation of UAM depends on coordinated progress across different dimensions, especially technological development, infrastructure, regulation, financing, and social acceptance. Based on this foundation, the prospective analysis showed that technological and regulatory variables play a central role in structuring the system, decisively conditioning the behavior of the other dimensions. Infrastructure, flight patterns, and autonomy stand out as linkage elements, as they connect structural decisions to the operational materialization of the concept. By contrast, public acceptance, privacy, noise, and environmental issues showed lower driving capacity, assuming a more reactive role and tending to become more relevant only after technological, regulatory, and operational conditions have advanced. With regard to the actors, an asymmetry of power was observed, with the predominance of the regulatory and financial domains, whose agents occupy the most influential positions in shaping the sector. eVTOL manufacturers and infrastructure actors proved to be strategic for the implementation of UAM, although they remain strongly conditioned by regulatory decisions and the availability of financing, while platforms and the public showed greater dependence and predominantly indirect influence. It is concluded that the evolution of UAM stems less from structural conflicts among actors and more from the need for coordination among technological, institutional, economic, and operational capacities. The results reinforce that UAM should not be understood merely as an aeronautical innovation, but rather as a systemic and multidimensional phenomenon whose feasibility depends on convergence among different areas and actors. As a contribution, this study offers an integrated interpretation of the theme, articulating recent scientific production with a prospective analysis of the conditions that may favor or constrain the consolidation of the concept.

Keywords: Urban Air Mobility. Prospective. Systematic Literature Review. Aviation.

Figuras

Figura 1: Diferentes configurações de aeronaves.....	14
Figura 2: Estrutura da Dissertação.....	19
Figura 3: Percurso Metodológico.....	20
Figura 4: Aspectos Mobilidade Aérea Urbana.....	23
Figura 5: Protótipo em escala real “EVE”	24
Figura 6: Aeronave Ambulância (GX-H).....	25
Figura 7: Fonte: Vertical Connect (2024).....	26
Figura 8: Aeronave Policial (GF-P).....	26
Figura 9: Aeronave Gol.....	28
Figura 10: Modelos de vertiportos.....	29
Figura 11: Fluxograma PRISMA.....	33
Figura 12: Histograma da evolução de artigos publicados.....	34
Figura 13: Campos de Pesquisa.....	35
Figura 14: Aeronaves eVTOL's e suas configurações.....	42
Figura 15: Modelos de Negócio.....	44
Figura 16: Projeção de Mercado.....	45
Figura 17: Aspectos de Ti.....	47
Figura 18: Fases Mobilidade Aérea Urbana.....	49
Figura 19: Método de Godet.....	66
Figura 20: Relação direta em direta entre variáveis MicMac.....	71
Figura 21: Relação entre os tipos de variáveis.....	72
Figura 22: Mapa de Motricidade.....	74
Figura 23: Mapa de motricidade e dependência.....	85
Figura 24: Grafo de Influência Indireta.....	86
Figura 25: Deslocamento de comportamento (situação de influência direta).....	91
Figura 26: Grafo de relações influências indiretas.....	92
Figura 27: Classificação das variáveis por influência.....	96
Figura 28: Classificação das variáveis por dependência.....	96
Figura 29: Roteiro de aplicação Mactor.....	100
Figura 30: Mapa de motricidade e dependência.....	113
Figura 31: Relação de força.....	113
Figura 32: Posicionamento por objetivo.....	117
Figura 33: Configuração de Posicionamento por Objetivo Estratégico.....	119
Figura 34: Grafo de convergência.....	121
Figura 35: Mapa de divergência.....	123
Figura 36: Plano de correspondências atores/objetivos.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACEITAÇÃO – Aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais

AGÊNCIAS – Agências / Pesquisa Governamental

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

AUTO – Autonomia das aeronaves

AUVSI – *Association for Uncrewed Vehicle Systems International*

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CAAM – *Civil Aviation Authority of Malaysia*

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CERTI – Normas de certificação

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CRÉDITO – Agências de Fomento e Créditos

DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DSV – Desenvolvimento tecnológico das aeronaves

EASA – *European Union Aviation Safety Agency*

EIB – *European Investment Bank*

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EVTOL – Empresas de eVTOLs

eVTOL – *Electric Vertical Take-Off and Landing aircraft*

FAA – *Federal Aviation Administration*

FISCA – Incentivos fiscais

GUTMA – *Global Unmanned Traffic Management Association*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

INFRAESTRU – Empresas de Infraestrutura UAM

INFRAVERT – Infraestrutura e vertiportos

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

JAXA – *Japan Aerospace Exploration Agency*

MACTOR – Método de Análise das Confrontações entre Atores

MAU – Mobilidade Aérea Urbana

MICMAC – Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicação Aplicada à Classificação

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

OPERA – Capacidade de voo em operações adversas

PADRO VOO – Voos autônomos e padrões de tráfego

PLATAFORMA – Plataformas de Mobilidade Digital

PÚBLICO – Público / Clientes

RSL – Revisão Sistemática de Literatura

UNIVERSIDA – Universidades e Centros de P&D

Sumário

1.0 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 CONCEITO.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
1.5 PERCURSO METODOLÓGICO.....	19
2.0 Mobilidade Aérea Urbana.....	23
2.1 ASPECTOS GERAIS.....	23
2.2 MERCADO BRASILEIRO.....	24
2.3 BARREIRAS.....	28
3 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	30
3.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO, EXCLUSÃO E ORIGINALIDADE.....	31
3.2 RESULTADOS.....	32
3.3 DISCUSSÃO.....	33
3.4 DISCUSSÕES APROFUNDADAS.....	41
3.5 ENGENHARIA DE VEÍCULOS E INFRAESTRUTURA.....	41
3.6 ESTUDOS DE MERCADO.....	43
3.7 REGULAMENTAÇÃO.....	45
3.8 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.....	46
3.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	47
4.0 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	48
5.0 PROSPECÇÃO.....	52
5.1 Conceituação DO MÉTODO PROSPECTIVO.....	52
5.2 PROSPECÇÃO NO BRASIL.....	55
5.3 PROSPECÇÃO NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA.....	56
6 MÉTODOS PROSPECTIVOS.....	58
6.1 O MÉTODO DE SCHWARTZ.....	59
6.2 O MÉTODO DE MICHAEL PORTER.....	61
6.4 PROSPECTIVA, GODET E CAIXA DE FERRAMENTAS.....	65
6.5 A ESCOLHA DO MÉTODO ADEQUADO.....	66
7.0 ANÁLISE ESTRUTURAL MICMAC.....	71
7.1 ENTRADA DE DADOS, APLICAÇÃO E RESULTADOS MICMAC.....	76
8.0 ANÁLISE DA ESTRATEGIAS DOS ATORES (MACTOR).....	97

9.0 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	126
10 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	129
11 REFERÊNCIAS.....	131

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 CONCEITO

Ano após ano o tráfego veicular aumenta nas principais capitais do mundo. Os americanos gastam cerca de 8,8 bilhões de horas no trânsito por ano com um aumento esperado em 14% até 2023 *Federal Aviation Administration* (FAA) (2020). A rápida urbanização e a dependência dos automóveis causam impasses e ineficiência em muitas cidades através do mundo. AIRBUS (2024). A quantia de tempo gasto em trânsito veicular válida a necessidade de um incremento na diversidade do transporte urbano.

Destaca-se a utilização do modal aéreo na mobilidade aérea urbana, segundo Garrow *et al.* (2021, p. 25) “em 1947, utilizou-se helicópteros para o transporte de pessoas e cargas em *Los Angeles*”. No presente momento, denota-se uma evolução considerável na utilização destas aeronaves nas grandes cidades, segundo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) (2024, p. 1) “a cidade de São Paulo conta com mais de 410 aeronaves e 260 helipontos, onde são realizados cerca de 2.200 pousos e decolagens todos os dias”.

Porém, apesar do incremento e sucesso das aeronaves atuais, as mesmas sofrem de limitações de custos operacionais, aceitação do público e ruído. Ainda, destaca-se que as “operações de helicópteros em todo o mundo, e em particular nos Estados Unidos, estão produzindo uma série de objeções no que diz respeito ao ruído aeronáutico, pelo público em geral” LEVERTO (2014, p. 12). Evoluções recentes da aviação têm potencial para um incremento significativo do número de pessoas e produtos transportados via modal aéreo.

Segundo a *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) (2021) a Mobilidade Aérea Urbana tem potencial para responder essas necessidades. Os *Electric Vertical Take-off and Landing* (eVTol's) ou (aeronave de decolagem e aterrissagem vertical elétrica) traduzido do inglês, se apresenta como uma sugestão para o mencionado avanço, porém, destacam-se diferentes configurações a serem desenvolvidas, conforme Figura 1.

Ainda segundo Bachini e Cestino (2019) destaca-se que esses diferentes modelos podem apresentar vantagens e desvantagens. Assim sendo, barreiras para o desenvolvimento da Mobilidade Aérea Urbana (MAU) são das mais diversas, as mesmas,

serão discutidas a *posteriori*.

Figura 1 — Diferentes configurações de aeronaves



Fonte: Ehang (2021); Joby S2 (2023) e Joby Aviation (2024)

As representações das três aeronaves demonstram diferentes configurações, assim sendo, espera-se diferentes desempenhos das mesmas, com vantagens e desvantagens a depender das escolhas de seus elementos aeronáuticos, o tema, é discutido mais a fundo posteriormente.

As oportunidades oferecidas pela MAU são abundantes. A *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (2018) utiliza da *expertise* de mais de 100 estudiosos da área e constata três possíveis aplicabilidades operacionais de mercado.

- a) Estudo de Caso 1 Entrega na última milha: Entrega rápida de pacotes (com menos de 2,27 kg) a partir de centros de distribuição locais para um recipiente de recebimento dedicado. As entregas são não programadas e roteadas conforme os pedidos online são feitos. NASA (2018).
- b) Estudo de Caso 2 Metrô Aéreo: Semelhante às opções atuais de transporte público, como metrô e ônibus, com rotas predeterminadas, horários regulares e paradas em áreas de alto tráfego em cada cidade. Os veículos são operados de forma autônoma e podem acomodar de 2 a 5 passageiros por vez, com uma média de 3 passageiros por viagem. NASA (2018).
- c) Estudo de Caso 3 Táxi Aéreo – O uso de táxi-aéreo envolve uma operação quase onipresente (ou porta a porta) de compartilhamento de viagens, onde os consumidores podem chamar aeronaves de decolagem e pouso vertical (VTOLs) para seus locais de coleta desejados e especificar os destinos de desembarque em topos de edifícios ao longo da cidade. As viagens são não programadas e sob demanda, semelhantes às aplicações de

compartilhamento de viagens atuais. NASA (2018).

Ademais, outros pesquisadores como Cohen e Shaheen (2021) e Winter *et al.* (2021) demonstram outro segmento de mercado possível para o MAU. Utilizando-se das aeronaves como serviços de emergência. “Apoio a missões de gerenciamento de emergências, incluindo: ambulância aérea, entrega de suprimentos emergenciais, transporte de órgãos e operações de busca e resgate”. Cohen e Shaheen (2021, p. 5)

“A aviação urbana, tem potencial para melhorar radicalmente a mobilidade urbana, devolvendo as pessoas tempo perdido em seus deslocamentos diários”. UBER (2016, p. 2). Quanto ao problema de pesquisa, busca-se responder “Quais elementos estruturam a Mobilidade Aérea Urbana e como suas interações determinam oportunidades, limites e possibilidades para seu desenvolvimento e adoção?”

1.2 OBJETIVOS

A Mobilidade Aérea urbana representa uma inovação disruptiva que promete revolucionar o transporte nas cidades. “A inovação é a capacidade de transformar ideias criativas em valor econômico” (Buchholz, s.d). Neste sentido, de forma primária, objetiva-se realizar uma análise prospectiva da Mobilidade Aérea Urbana, identificando variáveis estruturantes do sistema e a dinâmica de atores que condicionam sua evolução. Para atingir esse objetivo, definem-se como objetivos específicos: (a) sistematizar o conhecimento disponível por meio de Revisão Sistemática de Literatura, mapeando dimensões recorrentes, evidências e lacunas; (b) selecionar e estruturar as variáveis representativas do sistema e aplicar o método MICMAC; (c) aplicar o método MACTOR para identificar os principais atores, seus objetivos estratégicos e a distribuição de poder, evidenciando padrões de convergência e divergência; e (d) integrar os resultados de MICMAC e MACTOR, articulando estrutura sistêmica e estratégias dos atores para explicitar condicionantes críticos e pontos de atenção para a evolução prospectiva da MAU.

Espera-se que esta pesquisa contribua para o aprofundamento da compreensão da Mobilidade Aérea Urbana como um sistema complexo. Ao sistematizar o conhecimento disponível por meio da revisão sistemática da literatura,

o estudo tende a oferecer uma visão organizada das dimensões recorrentes, das evidências já produzidas e das lacunas ainda existentes no campo. No plano analítico-metodológico, a aplicação integrada dos métodos MICMAC e MACTOR poderá contribuir para explicitar, de um lado, as variáveis que estruturam a dinâmica do sistema e, de outro, os padrões de convergência, divergência e distribuição de poder entre os atores envolvidos. Dessa forma, espera-se que os resultados produzam subsídios relevantes tanto para o avanço acadêmico das discussões sobre a MAU quanto para uma interpretação mais consistente dos condicionantes críticos, das tensões e dos pontos de atenção que podem influenciar sua trajetória evolutiva.

1.3 JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização desta pesquisa é multifacetada e baseia-se em inovação, na falta de precedentes e na complexidade tecnológica: A inovação proposta pela mobilidade aérea urbana envolve tecnologias altamente inovadoras e complexas, muitas das quais não têm precedentes. Isso introduz riscos técnicos significativos. De acordo com Cokorilo (2020, p. 22) “a segurança das operações aéreas é um campo progressivo, onde pequenas mudanças podem gerar efeitos a longo prazo”. Por esta perspectiva, e em função do relatado até o presente momento, evidencia-se que estudos que avaliem os possíveis efeitos negativos associados à segurança das operações aéreas da MAU são imprescindíveis.

Necessidade de Aceitação Pública: O sucesso da mobilidade aérea urbana depende da aceitação pública. Segundo a NASA (2021) os principais receios da comunidade são: privacidade, empregos, ambiente e ruído aeronáutico.

Ambiente Regulatório em Evolução: A indústria da mobilidade aérea urbana está sujeita a um ambiente regulatório em constante evolução. Com regulamentações em desenvolvimento, é vital entender como os riscos relacionados à inovação podem afetar a conformidade e a operação das empresas. Devido à natureza pioneira do conceito MAU, as regulamentações aeronáuticas estão em desenvolvimento inicial, o que gera incertezas quanto aos requisitos dos processos de certificação.

Potencial Impacto na Sociedade e no Meio Ambiente: A mobilidade aérea urbana tem o potencial de transformar a mobilidade nas cidades, reduzindo o

congestionamento nas estradas e as emissões de carbono. No entanto, o sucesso dessa inovação depende da mitigação eficaz de riscos que poderiam prejudicar esses benefícios.

Contribuição para o Conhecimento Acadêmico e a Indústria: Espera-se que esta pesquisa contribua para a compreensão da Mobilidade Aérea Urbana ao organizar o conhecimento disponível na literatura e ao oferecer uma análise prospectiva estruturada do sistema. Como resultado, o estudo pretende identificar os fatores mais relevantes para o desenvolvimento e a adoção da MAU e explicitar como diferentes agentes se posicionam e influenciam esse processo, fornecendo um quadro analítico que apoie a interpretação do tema e a priorização de pontos críticos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação se encontra dividida em 10 capítulos. No primeiro capítulo, apresentou-se o conceito de Mobilidade Aérea Urbana, fazendo-se uma introdução ao tema, demonstrando de forma inicial as concepções do objeto a ser estudado. Após, manifesta-se as indagações que o trabalho buscará responder durante o estudo, assim sendo, pergunta de pesquisa, objetivos e a justificativa para a realização da presente pesquisa, faz-se a seguir caracterização do trabalho, expondo-se a estrutura utilizada e percurso metodológico.

No Capítulo 2, apresenta-se a Mobilidade Aérea Urbana, discutindo conceitos centrais, características do fenômeno e dimensões envolvidas, de modo a estabelecer uma base comum de entendimento sobre o objeto de estudo.

Ao longo do Capítulo 3, desenvolve-se a Revisão Sistemática de Literatura, descrevendo o procedimento de busca, seleção e organização dos estudos, bem como sintetizando as evidências que fundamentam o trabalho e orientam o recorte analítico adotado.

Quanto ao Capítulo 4, explicita-se a delimitação do estudo com ênfase no recorte temporal, definindo o horizonte de tempo que será considerado na análise prospectiva e, conseqüentemente, o período ao qual as interpretações e discussões do trabalho se referem.

Já no Capítulo 5, introduz-se a prospecção como abordagem analítica, apresentando seu papel no estudo e justificando a pertinência de uma leitura orientada ao futuro para compreender a dinâmica e os condicionantes associados à Mobilidade Aérea Urbana.

Na sequência, o Capítulo 6 apresenta os métodos prospectivos que sustentam o desenho da pesquisa, descrevendo seus fundamentos e situando as técnicas selecionadas, esclarecendo a lógica metodológica que orienta as etapas analíticas subsequentes.

No Capítulo 7, detalha-se a análise estrutural operacionalizada por meio do MICMAC, com foco em mapear as relações entre variáveis do sistema e identificar fatores com maior capacidade de orientar sua dinâmica.

Por sua vez, o Capítulo 8 aprofunda a análise das estratégias dos atores por meio do MACTOR, examinando atores relevantes, objetivos e relações de influência e alinhamento, de forma a compreender como a dinâmica entre agentes pode condicionar a evolução do fenômeno.

Com base nesses resultados, o Capítulo 9 realiza uma discussão integrada, articulando os achados das análises de variáveis e de atores e interpretando suas implicações para a compreensão prospectiva do desenvolvimento e da adoção da Mobilidade Aérea Urbana.

Por fim, o Capítulo 10 apresenta as conclusões e sugestões, sintetizando os principais achados, destacando limitações do estudo e indicando recomendações e possibilidades de aprofundamento para pesquisas futuras.

A Figura número 2 representa os capítulos de forma ilustrativa, facilitando o entendimento.

Figura 2 — Estrutura da Dissertação



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

1.5 PERCURSO METODOLÓGICO

O caminho percorrido pela presente pesquisa, é exemplificado na Figura 3. Quanto á finalidade da pesquisa, pode-se classificá-la de duas possíveis maneiras, sendo básica ou aplicada, argumenta-se que.

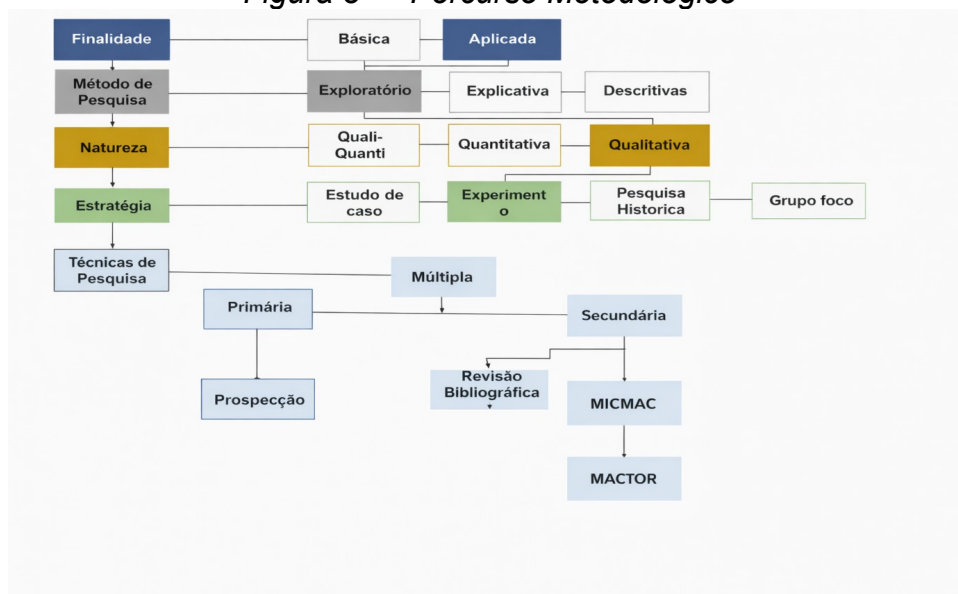
A pesquisa básica objetiva gerar conhecimento novo para o avanço da ciência, busca gerar verdades, ainda que temporárias e relativas, de interesses mais amplos (universalidade), não localizados (Nascimento, 2016, p. 2).

Quanto á pesquisa aplicada busca-se produzir conhecimentos que são aplicáveis na prática solucionando problemas existentes de maneira tangível. Assim sendo, define-se a finalidade entre básica ou aplicada em uma pesquisa de prospecção, se apresenta como algo complexo. Ao verificar-se os aspectos envolvidos, constata-se que, ambas finalidades são passíveis de aplicação, porém, justifica-se a escolha da pesquisa aplicada, conforme Figura 3, por: a prospecção é

utilizada para apoiar a tomada de decisão em setores específicos, como na formulação de políticas públicas, no desenvolvimento de estratégias empresariais ou na antecipação de inovações tecnológicas para um setor específico. Fleury e Werlang (2016, p. 11) definem que.

“a pesquisa aplicada pode ser definida como atividades em que conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados, e se gerar impacto.”

Figura 3 — Percurso Metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em De Olivera (2001) e Borges (2022)

O método de pesquisa ou quanto aos objetivos, segundo Nascimento (2016) pode ser classificados em exploratório, explicativo ou descritivo. Este trabalho faz uso da pesquisa exploratória. (Ferreira *et al.* 2023, p. 4) “exploratória é um tipo de pesquisa que visa compreender e explorar um fenômeno ou questão de interesse tendo como objetivo familiarizar-se com um assunto pouco conhecido ou pouco explorado.” Além disso, apresenta-se algumas características que são estritamente relacionadas com pesquisas prospectivas.

Essa modalidade de investigação pode ser aplicada em diversas áreas do conhecimento, tais como as Ciências Sociais, a Psicologia, a Saúde, a Educação e a Engenharia, por exemplo. Fundamental para o desenvolvimento de novas teorias e descobertas científicas – uma vez que possibilita a identificação de novos caminhos de investigação e a ampliação

do conhecimento em determinado campo de estudo – a pesquisa exploratória apresenta as seguintes características: - Objetivo amplo: tem como escopo obter uma compreensão ampla e inicial do assunto. - Coleta de dados qualitativos: geralmente envolve a coleta de dados qualitativos, como revisão da literatura, entrevistas e observações. - Não mensurável: não busca mensurar o fenômeno ou questão, mas sim compreendê-lo. - Flexibilidade: é flexível e permite ajustes no curso da investigação, o que é importante quando se trata de questões complexas e dinâmicas.

Preparação para futuras pesquisas: é uma etapa importante na construção de uma base sólida para pesquisas mais aprofundadas. Além disso, tem como característica importante o aprofundamento de conceitos preliminares sobre determinada temática não contemplada de modo satisfatório anteriormente, o que contribui para o esclarecimento de questões superficialmente abordadas sobre o assunto. (Ferreira *et al.* 2023, p. 9)

Quanto a natureza da pesquisa ou abordagem metodológica, conforme Figura 3, podem ser classificadas de três diferentes maneiras, qualitativa, quantitativa e quali-quantitativa. Tais abordagens detêm diferentes características, ao mesmo tempo carregando caráter complementar Nascimento (2016). Fonseca (2002) denota as seguintes diferenças entre métodos qualitativos e quantitativos a diferença principal se dá na pesquisa qualitativa, que se preocupa com aspectos da realidade que não podem ser quantificados. Utilizando-se de argumentos convergentes Minayo (2001), classifica a pesquisa qualitativa como “trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes”, em outras palavras, corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e nos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. Já o método quantitativo para Fernandes e Gomes (2003) a pesquisa quantitativa emprega a linguagem matemática para descrever as causas e as consequências de um determinado fenômeno, assim como as relações entre variáveis, entre outras estruturas lógicas. Em síntese, a pesquisa qualitativa é empregada quando se busca avaliar a aplicação de uma técnica ou introduzir uma nova variável, enquanto a pesquisa quantitativa é utilizada para observar o fenômeno, visando compreendê-lo de maneira ampla.

A escolha pela utilização do método qualitativo justifica-se por Fonseca (2002, p. 31)

Para desenvolver uma pesquisa é indispensável selecionar o método de pesquisa a utilizar. De acordo com as características da pesquisa poderão ser escolhidas várias modalidades de pesquisa, sendo possível aliar o qualitativo ao quantitativo.

A temporalidade aplicada no trabalho classifica-se como longitudinal, fundamenta-se tal escolha, Apolinario (2004) enfatiza que o estudo longitudinal analisa a mesma variável em um mesmo grupo de sujeitos, realizando duas ou mais mensurações ao longo de um período, já Bordalo (2006, p. 5) “A pesquisa longitudinal ou horizontal se classifica em retrospectiva e prospectiva” Em relação às técnicas utilizadas neste trabalho, tanto primárias como secundárias, foram ou serão discutidas em capítulos diferentes.

2.0 MOBILIDADE AÉREA URBANA

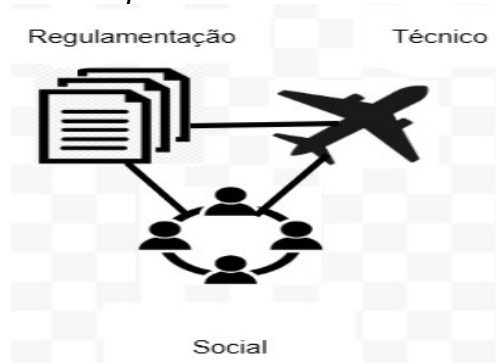
Apresenta-se neste capítulo a fundamentação teórica do conceito de mobilidade aérea urbana, para tal, inicia-se com aspectos introdutórios sobre o tema, após, desenvolve-se uma revisão sistemática de literatura, que teve por finalidade observar os principais ramos de estudo, estado da arte e sustentar teoricamente a escolha das variáveis a serem observadas no presente trabalho.

2.1 ASPECTOS GERAIS

Muitas empresas já estabelecidas e *start-ups* buscam tornar-se esse mercado uma realidade, vide (EVE, Embraer, Boeing, Airbus, Uber) e entre outras. Deve-se também vincular o importante papel de agências governamentais, que vêm publicando seus estudos e protótipos de regulamentação, como Agência Nacional de Aviação Civil ANAC, FAA, EASA e entre outras. Outros pesquisadores como Çetin *et al.* (2021) e Cohen e Shaheen (2021), discutem a possível perspectiva do social, ou seja, o que as pessoas irão achar do conceito MAU.

Tendo em vista essa complexidade natural do caso, pode-se afirmar que a Mobilidade Aérea Urbana se apresenta como um sistema complexo multifacetado e multidisciplinar, a Figura número 4 representa os três principais aspectos da MAU.

Figura 4 — Aspectos Mobilidade Aérea Urbana



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

A discussão deste sistema apresentado de forma inicial, expande-se durante a apresentação dos resultados da revisão sistemática de literatura.

2.2 MERCADO BRASILEIRO

Notam-se grandes investimentos financeiros para o desenvolvimento deste modelo de transporte, cita-se no Brasil *EVE Air Mobility* que detém um valor de mercado de 893 milhões de dólares outubro, 2024 *Investing* (2024), a mesma acumula 2.850 encomendas até setembro de 2023.

A empresa também demonstra que buscará explorar um mercado de suporte ao ecossistema com o serviço “*Eve Tech Care*” oferecendo ao cliente, serviços de treinamento, soluções para operações, manutenção, materiais e soluções digitais. Também expõe parcerias com outras empresas brasileiras e internacionais. Por exemplo, a ATECH empresa do grupo Embraer, que pretende fornecer um *software* de gerenciamento de tráfego aéreo ATECH (2024).

Já no ramo internacional, a EVE em 2021 firmou uma parceria com a empresa asiática *Ascent*, que irá permitir ao cliente reservar os voos pela plataforma.

O sistema operacional da *Ascent* integrado à frota da Eve e conectado ao seu UATM, oferecerá aos nossos parceiros a capacidade de crescer suas operações de mobilidade aérea urbana de forma substancial (Portal Embraer, 2021, p. 1)

Figura número 5 ilustra a aeronave em fase de desenvolvimento, com seu protótipo fabricado.

Figura 5 — Protótipo em escala real “EVE”



Fonte: EVE (2024)

Cita-se também a “*Vertical Connect*” empresa brasileira situada em Fortaleza, que se apresenta como “é um verdadeiro símbolo de inovação na indústria de EVTOLs” *Vertical Connect* (2024, p. 1).

Uma empresa genuinamente brasileira, com capacidade técnica para desenvolver, produzir e oferecer ao mercado uma aeronave segura, que reúna todas as condições que lhe permita alçar voo. (*Vertical Connect*, 2024, p. 17).

Observa-se, a tendência da empresa em explorar o mercado de Mobilidade Aérea Urbana em novos horizontes, ao comparar-se com a principal fabricante “EVE”. Enquanto o produto da empresa do grupo Embraer foca em oferecer o serviço de transporte de passageiros, o produto da *Vertical Connect*, denominado “Genesis” apresenta 6 variantes, cada uma se adequando para um tipo de serviço diferente.

O produto GX-H, destina-se a ser uma aeronave ambulância, seu *design* busca realizar missões de resgate de feridos por via aérea. Segundo Löbl (2024) anualmente na Europa e Estados Unidos tem 82 milhões de pessoas necessitam de transporte com urgência para hospitais, porém, apenas 1.5 milhões são transportados via modal aéreo, apesar de o transporte aéreo ser o mais rápido. Gerlach (2024) sistemas inovadores de resgate aéreo podem complementar os serviços existentes de ambulância e helicópteros de resgate no futuro, especialmente em áreas rurais. O transporte rápido e eficiente de pacientes e feridos é crucial. Tal, número reduzido se dá por uma série de motivos, Gerlach cita ruído aeronáutico, custos e contextos operacionais em geral, como impeditivos para uma maior utilização do modal aéreo como resgate. Observa-se, uma lacuna de mercado possível para aeronave GX-H, a seguir na Figura 6 se apresenta o e-Vtol.

Figura 6 — Aeronave Ambulância (GX-H)



Fonte: *Vertical Connect* (2024)

O outro ramo a ser explorado pela empresa tem foco em combate a incêndios. O GX-F pretende utilizar a mesma plataforma. Todavia, ao observar pesquisas da área e de agências, observasse que esta aeronave, busca explorar um mercado de combate a incêndio em menores proporções, utilizando um canhão de água, notou-se uma ênfase em utilizar drones não tripulados para o combate de incêndio, retirando a tripulação do perigo. ICAO (2018) um dos principais propósitos do drone é fornecer aos bombeiros um meio seguro de extinguir incêndios que atingissem alturas além do alcance humano. Figura 7 representa a aeronave GX-F de combate a incêndio.

Figura 7 — Fonte: Vertical Connect (2024)



Fonte: Vertical Connect (2024)

Outro aspecto mercadológico apresentado pela *Vertical Connect* é a utilização destas aeronaves no meio policial. Para esta utilização não foi possível localizar artigos ou documentos que discutem as possíveis vantagens e desvantagens da utilização de e-Vtols, neste meio. Figura 8 representa a aeronave GF-P de policiamento.

Figura 8 — Aeronave Policial (GF-P)



Fonte: Vertical Connect (2024)

Com o crescimento do *e-commerce*, a necessidade da logística final até o consumidor se ampliou de forma substancial.

Devido à maior velocidade, ao voo ponto a ponto e à evasão do tráfego rodoviário, os eVTOLs têm sido considerados recentemente pela indústria de logística de carga como uma alternativa promissora à atual entrega de pacotes por meio terrestre. (Zou e Farazi 2025, p. 1).

Assim, o mercado brasileiro também detém seu concorrente sendo o GX-L, que pretende ter uma carga útil de carga de até 560 KG para explorar este mercado.

Além da notória capacidade de fabricante e exportadora dessas aeronaves, o território brasileiro se configura como um grande mercado a ser explorado no ramo operacional.

Aspirando explorar este mercado, as principais linhas aéreas e táxis-aéreos já iniciaram seus processos de aquisições de aeronaves e marketing. Por exemplo, segundo GOL Linhas Aéreas (2021, p.1)

De pronto, estamos pensando em São Paulo, onde as operações serão iniciadas como o transporte que mitigaria seu trânsito, reconhecidamente duro. Um trajeto feito de carro em duas horas será concluído em 10 minutos com o eVTOL, em dias e horários previamente divulgados.

Para tal, a operadora anunciou planos para adquirir 250 aeronaves VA-X4, pertencente a empresa Britânica “Vertical”. Peças de marketing e divulgação já estão disponíveis, conforme Figura 9.

No contexto brasileiro, o potencial de mercado da mobilidade aérea urbana é amplo, a título de exemplificação a Gol Linhas Aéreas pretendia iniciar os voos em 2025. Tal iniciativa indicava, naquele momento, uma expectativa otimista quanto ao ritmo de implantação desse novo mercado. Entretanto, a ausência de operação efetiva no prazo inicialmente projetado sugere que a viabilização da mobilidade aérea urbana depende de fatores mais complexos, envolvendo certificação, maturidade tecnológica, infraestrutura e regulação. Desse modo, o caso ilustra que, embora haja interesse econômico e aposta comercial no setor, sua concretização prática parece ocorrer em um ritmo mais cauteloso e condicionado por múltiplas exigências estruturais.

Figura 9 —Aeronave Gol



Fonte: Vertical Aerospace (2021)

2.3 BARREIRAS

Apesar do caráter inovador e disruptivo, algumas pesquisas apontam possíveis barreiras, que podem frear ou até mesmo inviabilizar o futuro do conceito. Essas barreiras estão relacionadas às áreas de engenharia, mercadológico, regulamentação e tecnologias e entre outras.

Estudos como o de Chancey (2020) e Ferrar *et al.* (2018) destacam dificuldades relacionadas a campo mercadológico. Chancey discorre sobre a necessidade de aceitação relacionada a confiança dos clientes. Pesquisas que discutem uma possível desconfiança do público são abundantes. NASA (2018) entrevistou 1700 pessoas em 5 diferentes cidades nos EUA, e questionou-se se as pessoas estariam dispostas a utilizar tal modal de transporte, 50% se dizem confortáveis, porém, apenas 37% responderam que se sentiram seguras. O sucesso atual do uso de aeronaves como meio de transporte é intrínseco ao nível de segurança oferecido pelas aeronaves atuais, assim sendo, este novo método de transporte aéreo terá barreiras mercadológicas a serem estudadas e possíveis cenários positivos ou negativos.

Ao discutir-se as barreiras no campo da engenharia, como evidenciado na Figura 10, existem diferentes modelos de aeronaves em desenvolvimento, as mesmas apresentando vantagens e desvantagens, NASA (2024) identificou 9 possíveis *designs* de aeronaves e a *Vertical Flight Society* (2024) constatou 1061 diferentes projetos de aeronaves. Tais números fomentam outras discussões, qual será o modelo ideal de Vertiporto (local de pouso, decolagem, suporte ao cliente e serviço). Figura 10 mostra diferentes modelos de vertiporto. Ademais, as discussões são amplas, e ao se utilizar de uma ótica futuroológica fundamentada, pode-se

observar diferentes cenários de evolução do conceito de mobilidade aérea urbana.

Figura 10 — Modelos de vertiportos



Fonte: Macedo (2021)

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para a realização de sucesso do futuro proposto pelo conceito, uma série de complexidades multidisciplinares deverão ser superadas. NASA (2018) destaca que MAU é um conceito emergente que abrange vários setores e disciplinas com incerteza substancial. No presente momento, destaca-se o empenho de diferentes pesquisadores em diferentes áreas.

Segundo Galvão e Ricarte (2020) revisar a literatura é atividade essencial no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos e científicos, argumenta-se a identificação de 14 diferentes tipos de revisão de literatura. Tendo em vista a amplitude dos possíveis métodos, a (Revisão Sistemática de Literatura) RSL se apresenta como um modelo mais complexo que adota protocolos específicos. Sampaio e Mancini (2006, p. 84) argumentam que “uma revisão sistemática, assim como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema”. Para Moher *et al.* (2009) uma revisão sistemática é uma revisão de uma pergunta formulada de forma clara, que utiliza métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes.

Tendo em vista a complexidade do MAU, o método de RSL se mostra adequado para oferecer uma visão abrangente e estruturada dos diversos campos de estudo que envolvem a mobilidade aérea urbana. Dado que a MAU envolve uma série de questões multidisciplinares, como regulamentação, tecnologia, infraestrutura, segurança e sustentabilidade, a RSL permite identificar, organizar e analisar as principais contribuições acadêmicas e práticas existentes. Esse processo facilita a compreensão das tendências, lacunas e oportunidades futuras nesse ecossistema em evolução.

Além disso, a aplicação da RSL possibilita uma avaliação crítica das fontes e o estabelecimento de um panorama consolidado do estado da arte, essencial para guiar decisões estratégicas e operacionais. Por meio de uma abordagem sistemática, a revisão garante a inclusão de evidências científicas robustas e diversificadas, promovendo um maior rigor na construção do conhecimento. Dessa forma, o método oferece uma base sólida para a fundamentação teórica do trabalho, promovendo *insights* mais precisos para o desenvolvimento de soluções inovadoras no contexto

da mobilidade aérea urbana.

O presente trabalho utilizou-se das diretrizes propostas por Moher *et al.* (2009), as diretrizes propostas pelo modelo PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisão Sistemática e Meta Análises). Tal recomendação consiste em um *checklist* de 27 itens e um fluxograma que auxiliam o pesquisador em sua RSL. Apesar de se apresentar como um modelo complexo e extenso, o mesmo é passível de adaptabilidade conforme as necessidades da presente pesquisa.

Durante a RSL, o pesquisador pode-se utilizar de ferramentas que o auxiliam durante a revisão. O *software* recorrido na presente pesquisa foi a ferramenta (*State of the Art through Systematic Review*) StArt, desenvolvido pelo (Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da Universidade Federal de São Carlos – LAPES). Tal software junto ao modelo PRISMA criam uma revisão robusta.

A revisão foi realizada como um estudo secundário, que teve como objetivo identificar os principais ramos e sub-ramos de estudos relacionados á mobilidade aérea urbana, auxiliando e sustentando a escolha dos cenários a serem observados durante a pesquisa.

A RSL foi realizada por meio das bases de dados Science Direct, Scielo, IEEE Xplore e Biblioteca brasileira de teses e dissertações (BDTD). Como estratégia de busca utilizou-se as palavras – chave “*Urban Air Mobility* e Mobilidade Aérea Urbana”.

3.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO, EXCLUSÃO E ORIGINALIDADE

Foram incluídos estudos com artigos de pesquisa empírica, estudos de caso, revisões anteriores, artigos, teorias, teses e dissertações. Aceitou-se estudos publicados em língua inglesa e portuguesa.

Tratando-se dos critérios de exclusão, foram excluídos artigos que não abordaram de forma substancial a mobilidade aérea urbana, trabalhos de opinião sem dados empíricos e artigos não disponíveis na íntegra.

Em primeiro momento a pesquisa tinha como alvo, utilizar-se de uma série de palavras-chave como (MAU, AAM, Advance Air Mobility e entre outros) porém, ao iniciar a primeira etapa de coleta de dados, observou-se um acervo de obras excessivo, exemplifica-se na biblioteca da IEEE, que a palavra-chave “AAM”

encontrou 758 artigos, muitos dos artigos com pouca aderência levando em conta o objetivo da RSL. Posto isso, duas palavras-chave foram utilizadas para pesquisa (Urban Air Mobility e Mobilidade Aérea Urbana).

Ademais, utilizou-se um sistema de pontuação para auxílio de classificação para cada artigo.

A princípio torna-se notável destacar a originalidade proposta por este estudo. Durante a Revisão Sistemática de Literatura realizada, que teve como objetivo classificar os campos de pesquisa da mobilidade aérea urbana, a serem observados no processo prospectivo, constatou-se 318 estudos nas bases pesquisadas, porém, nenhum dos mesmos aplicou a metodologia prospectiva. Já em relação a fundamentação relacionada ao método prospectivo, observou-se estudos com enfoque na indústria aeronáutica clássica, porém, nenhuma com a mobilidade aérea urbana.

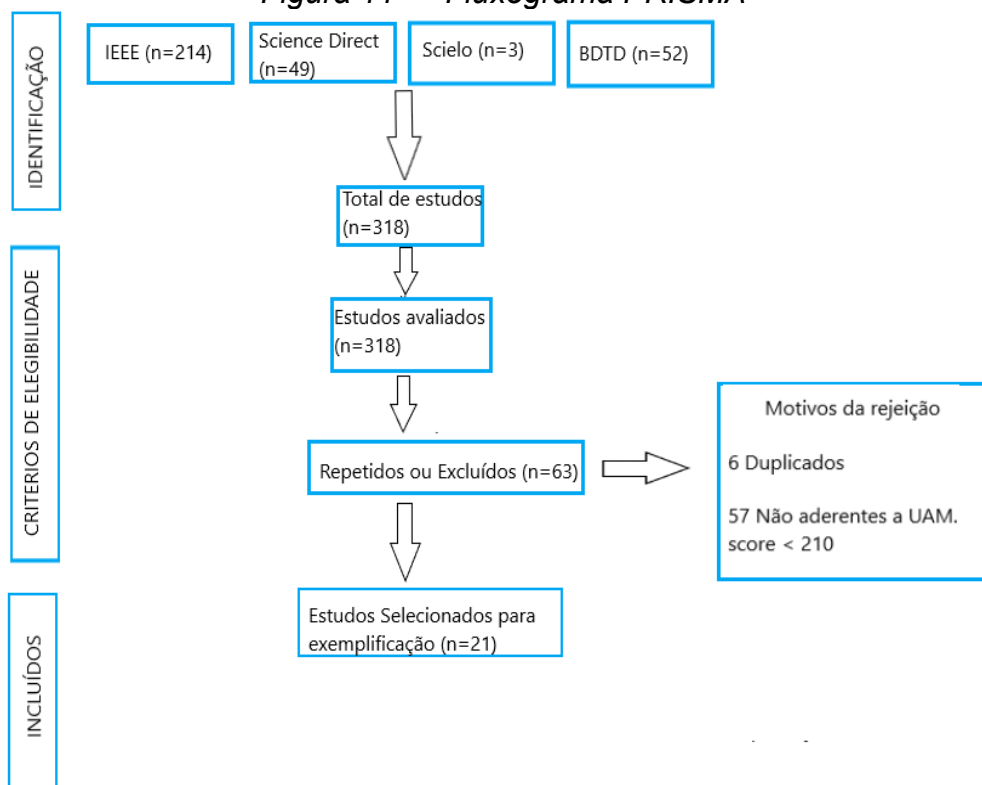
Assim, neste contexto, ressalta-se que a aplicação da Revisão Sistemática de Literatura junto com ferramentas prospectivas como MicMac e Mactor tendem a gerar resultados originais.

Após identificar os descritores no título, no resumo e/ou nas palavras-chave, os artigos selecionados foram submetidos à leitura dos resumos (*abstracts*) para verificar sua adequação aos critérios de elegibilidade, previamente detalhados no item anterior. Os estudos que atenderam aos critérios estabelecidos tiveram o texto completo obtido para análise e extração de dados. Tanto a busca quanto a análise dos artigos foram realizadas de forma independente. As características registradas dos estudos incluíram: nome do primeiro autor, ano de publicação, país de coleta dos dados e área de estudo a ser posteriormente catalogada.

3.2 RESULTADOS

A seguir apresenta-se na Figura 11 o fluxograma da seleção de artigos sugerido pelo modelo PRISMA.

Figura 11 — Fluxograma PRISMA



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

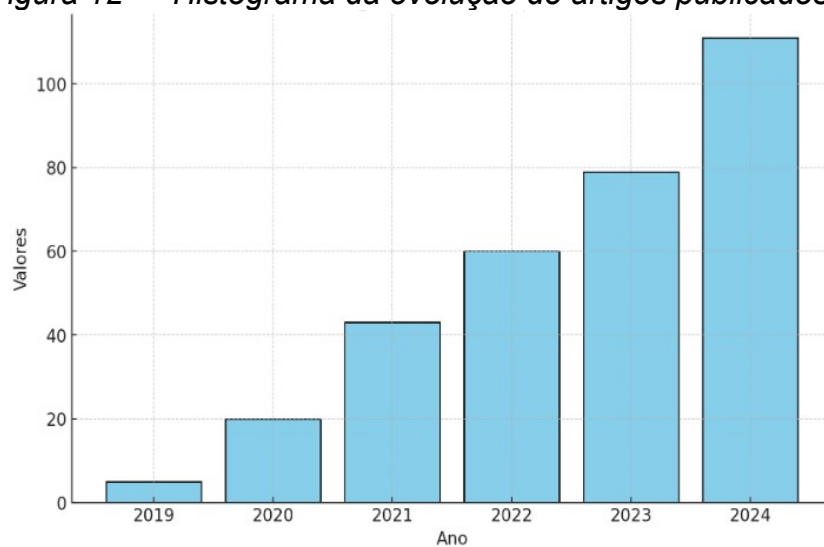
3.3 DISCUSSÃO

Dentre os 318 artigos, o total de 255 foram selecionados como aderentes e representativos. Notou-se uma divisão² de: engenharia 29%; estudos de mercado 24%; regulamentação 24%; tecnologia da informação 22%. Observa-se uma divisão consistente em suas ramificações de estudos, tal efeito evidencia a importância e relevância da mobilidade aérea urbana.

Em conexo, nota-se um incremento substancial na quantidade de artigos publicados com o passar dos anos, representando um aumento de 2120%, observando que no ano de 2019 foram identificados 5 artigos, nas bases de pesquisa utilizadas, já no ano de 2024, encontrou-se 111 artigos. A Figura 12 representa o histograma na quantidade de artigos publicados, levando em conta o recorte encontrado durante o estudo (2019 – 2024). Quadro 1 representa a divisão encontrada de artigos por campo de pesquisa.

² Todas as porcentagens representadas são aproximadas, ignorando os decimais.

Figura 12 — Histograma da evolução de artigos publicados.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Quadro 1 — Divisão de Artigos por área de pesquisa.

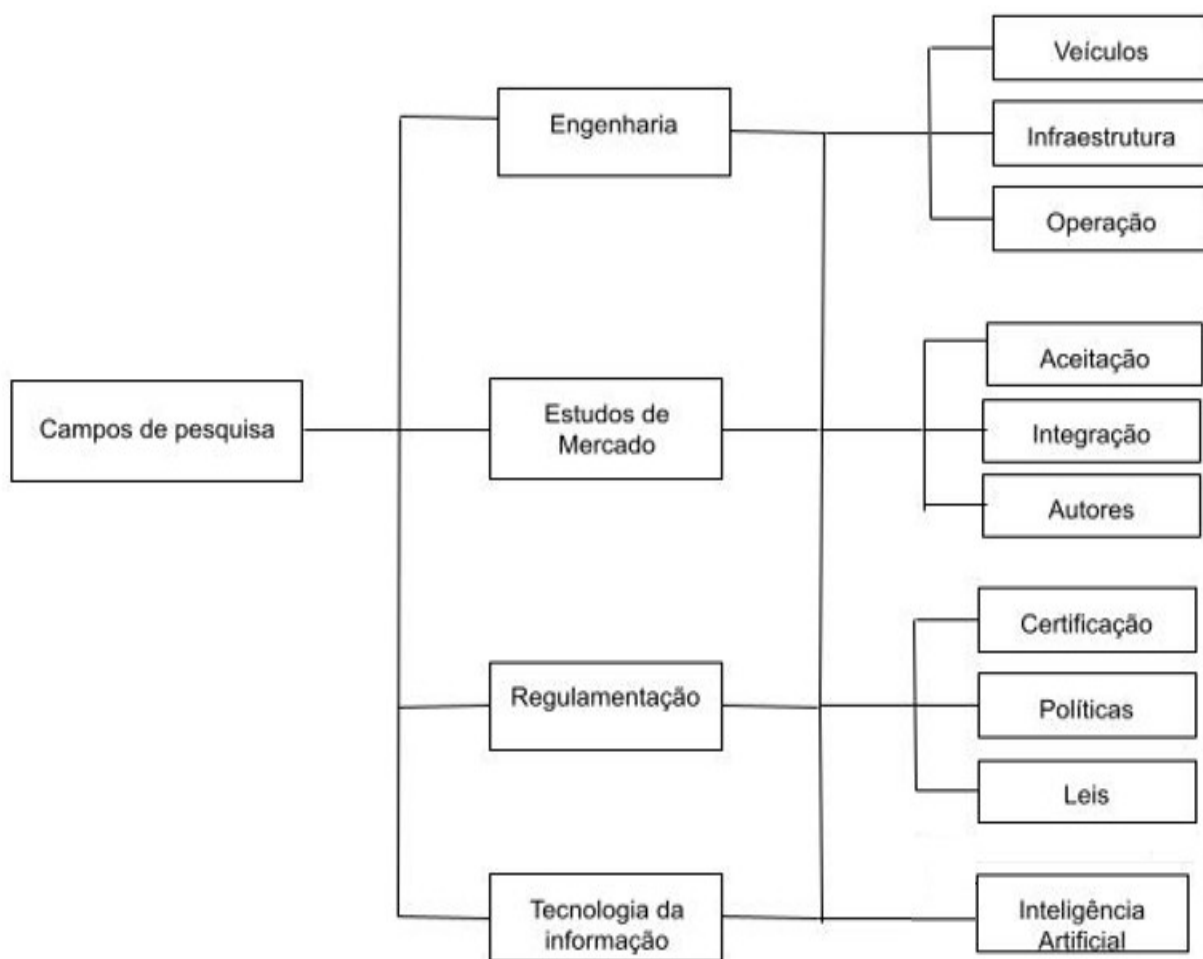
Recorte por Campo de Pesquisa	No. de Publicações (255)
Engenharia 29%	75
Estudos de Mercado 24%	62
Regulamentação 24%	62
Tecnologia da Informação 22%	56

Fonte Elaborado pelo autor (2026)

A revisão de literatura traz importantes aspectos no que se diz aos campos de estudos, as divisões e subdivisões propostas pelo presente trabalho, são apresentadas de maneira a ilustrar tal complexidade e amparar a escolha dos cenários a serem observados no presente trabalho.

A Figura 13 representa os principais ramos de pesquisa encontrados durante a RSL, que serão discutidos neste capítulo e algumas de suas ramificações. Já o Quadro 2 apresenta uma síntese inicial das principais discussões encontradas durante RSL, além disso, apresentam os autores utilizados como referência.

Figura 13 — Campos de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Quadro 2 – Principais Discussões

Campos de Pesquisa	Subcampos Abordados	Discussões	Autores de Referência
Engenharia	Veículos Infraestrutura Operações	• Veículos - Aerodinâmica - Segurança - Acústica - Desempenho • Infraestrutura - Design - Capacidade - Localização • Operações - Operações autônomas - Treinamento de pilotos - Autonomia de Voo	Palai <i>et al</i> , Cokorilo, Kim, Mazzeto <i>et al</i> , Preis e Schweiger, Zhang <i>et al</i> , Vasileios e Mahmassani, White <i>et al</i> , Ristret e Bartling, Moradi <i>et al</i> .
Estudos de Mercado	Aceitação Integração Autores Mercado	• Aceitação - Aceitação Social - Aceitação Socioambiental - Ruído - Privacidade • Integração - Integração com Espaço Aéreo - Integração Multimodal • Autores - Governos - Fabricantes - Pesquisadores	Çetin <i>et al</i> , Stolz <i>et al</i> , Thipphavong <i>et al</i> , Barbano e Costa, Farrar e Shaheen, Long <i>et al</i> .
Regulamentação	Certificações Políticas Leis	• Certificações - Certificação de Pilotos - Certificação Aero-náutica - Diretrizes de Certificação • Políticas - Políticas Governamentais - Políticas de Compartilhamentos - Políticas de Taxas • Leis - Legalidade de Operações Autônomas - Adaptações de Leis atuais - Responsabilidades em Acidentes	Bebeto <i>et al</i> , Olivares <i>et al</i> , FAA report
Tecnologia da Informação	Inteligência Artificial	• Inteligência Artificial - Segurança Cibernética - Sistemas de Decisão Autônoma - Aspectos Éticos e Jurídicos	Freeman <i>et al</i> , EASA

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

A seguir representa-se os principais achados por área de pesquisa, *vide* Quadro 3. Após, a discussão é aprofundada, trazendo aspectos mais específicos de cada área mencionada.

Quadro 3 – Principais achados e Discussões

Tópicos (Veículos)	Principais Achados e Discussões
Aerodinâmica	Inicia-se o estudo debatendo-se a baixa densidade das baterias, que essas aeronaves pretenderem usar, assim, as mesmas terão uma autônoma de voo de poucos minutos, desse modo, perfis aerodinâmicos adequados para melhor utilização desta baixa autonomia é discutida. Apresentado os modelos de aeronaves. Conclui-se que cada modelo apresenta vantagens e desvantagens substanciais para operacionalidade e segurança dos produtos.
Segurança	Analisa-se a segurança de aviação em um aspecto evolutivo, passando pelas principais discussões pelo passar do tempo, era “técnica” de 1900 até 1960, era dos “fatores humanos” do começo de 1970, era “organizacional” de 1990 e era do sistema no começo do século 21. Apresentado os aspectos de segurança, discute-se aspectos de segurança aeronáutica levando em conta a Mobilidade Aérea Urbana.
Acústica	Kim (2022) investiga o ruído como um fator primordial para o sucesso do conceito examinado que, ao contrário das aeronaves comerciais, os veículos de mobilidade aérea urbana causarão poluição sonora em amplas áreas urbanas, exigindo padrões de ruído mais abrangentes. A combinação do ruído de veículos terrestres e dos MAU afetará os residentes urbanos, que também estarão expostos a ruídos sensoriais de aeronaves que voam acima, mas fora de seu campo de visão. Assim, os padrões de ruído para MAU devem considerar não apenas as propriedades físicas do som, mas também seus efeitos sensoriais.
Desempenho	No presente estudo de Mazzeo <i>et al.</i> (2024), examinou-se aspectos relacionados a desempenho, o estudo propôs e analisou diferentes configurações de aeronaves baseadas em um helicóptero leve: um modelo de rotores duplos lado a lado e um drone hexacóptero. Foi desenvolvido um modelo analítico com base nas teorias do momento geral e dos elementos de pá para avaliar o desempenho em voos horizontal e vertical. Também foram projetados sistemas de propulsão elétrica para estimar autonomia e alcance em uma missão específica. Os resultados destacam o desempenho e a segurança das configurações no contexto da mobilidade aérea avançada, com a configuração de rotores lado a lado sendo a mais adequada para operações urbanas.
Tópicos (Infraestrutura)	Principais Achados e Discussões
	As pesquisas relacionadas á infraestrutura, se diversificam de maneira ampla, Preis e Schweiger (2022), aplicaram, categorizaram e sumariaram pesquisas

Design	relacionadas a infraestrutura necessária para a MAU. Por fim, encontrou-se pesquisas relacionadas às mais diversas subaéreas relacionadas a infraestrutura em ordem por número de publicações “infraestrutura de espaço aéreo, <i>design</i> , localização, capacidade, operações no solo, custos, segurança, regulação, condições meteorológicas e por último ruído.
Capacidade	Avaliar a capacidade do aeródromo, de maneira preliminar a construção é de suma importância, encontrou-se 4 maneiras de estimar as capacidades do campo de voo por Zhang <i>et al.</i> (2023), concluiu-se que a topologia do vertiporto e diferentes configurações das aeronaves, influenciaram a capacidade.
Localização	Volakakis e Mahmassani (2024) propõem um modelo para localizar vertiportos em áreas urbanas visando otimizar cobertura da demanda e acessibilidade. Utilizando algoritmos de clusterização e algoritmos genéticos, o modelo resolve dois problemas, com e sem restrições de capacidade. Também foram discutidas limitações, como falta de dados sobre capacidade de estacionamento, ruído e aceitação pública. Futuros estudos devem considerar integração com outros modais e impactos sociais para uma mobilidade aérea urbana mais equitativa e eficiente.
Tópicos (Estudos de Mercado)	Principais Achados e Discussões
Operações Autônomas	As discussões em torno do nível de autonomia dos veículos descrevem diferentes níveis de automação, segundo Takacs e Haidegger (2022), devem ser divididos do nível 0 até 5, Nível 0: Sem automação, a proa, velocidade e altitude é controlada pelo piloto; Nível 1: Assistência ao piloto, aproximação para pouso automatizada, piloto pode controlar e ajustar a aeronave via automação; Nível 2: automação parcial, piloto monitora a aeronave realizando procedimentos de pouso e decolagem, podendo interferir em emergências, nível 3: automação condicional, piloto não supervisiona a aeronave, piloto é necessário para configurar a aeronave para o voo; Nível 4: alta automação, sem necessidade de piloto, a máquina toma decisões complexas, controle no solo realizado por humano; Nível 5: a aeronave tem operação 100% autônoma, sem interfaces para controle humano.
Treinamento de Pilotos	Os principais aspectos abordados são, o avanço dos eVTOLs exigirá novos métodos de treinamento, devido às combinações inéditas de características dessas aeronaves. A análise de lacunas e definição das TASE (áreas de ênfase especial no treinamento) serão fundamentais. Instrutores precisarão ser altamente adaptáveis, pois as habilidades podem não se transferir entre diferentes eVTOLs. O foco será nos fundamentos da pilotagem e na adaptação a diversos ambientes operacionais.

Demanda	Nos anos recentes é visível um crescente interesse na Mobilidade Aérea Urbana, tanto por parte dos acadêmicos e investidores, exemplifica-se investidores públicos e privados, <i>vide</i> Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), European Investment Bank (EIB). Para tal, os investidores gerais, concluem que existe potencial lucro neste modelo de negócios. Segundo Long <i>et al.</i> (2023) existe um consenso que o modelo ideal de serviço seria por demanda. Todavia, a discussão analisada é mais profunda, em seu trabalho Long <i>et al.</i> (2023), utilizou-se de procedimentos de revisão sistemática de literatura e elencou como a demanda é afetada e o que a afeta. Dividiu-se em três possíveis modelos de negócios, serviço de passageiros, carga e outros. Fatores que afetam a demanda “tempo, custo, distância, segurança, privacidade, ruído e congestionamento na superfície. Por fim, como a demanda afeta a Mobilidade Aérea Urbana, “veículos, infraestrutura, espaço aéreo, eficiência, <i>design</i>, certificação, assim afetando por consoante o ciclo de vida do produto
Tópicos (Aceitação)	Principais Achados e Discussões
Aceitação Social, Ruído e Privacidade	O rápido crescimento da indústria da mobilidade aérea urbana cria um medo psicológico nas pessoas, afetando a aceitação de drones em áreas urbanas. Çetin <i>et al.</i> (2021), propõe medidas mitigatórias para melhorar a aceitação pública em geral.
Tópicos (Regulamentação)	Principais Achados e Discussões
Certificação	FAA (2023) avançou nos últimos anos no desenvolvimento do processo de certificação das aeronaves do conceito. Porém, a mesma incumbe-se de uma falta de comunicação preocupante entre indústria e reguladores, que pode atrasar e dificultar todo o processo. Assim, foram geradas 4 recomendações pela mesma, acelerar a regulamentação sobre elegibilidade de pilotos e regras operacionais para aeronaves; Agilizar a atualização das definições regulatórias que integrem aeronaves, também com plano e comunicação contínua com as partes envolvidas; Diagnosticar falhas de comunicação e tomada de decisão em projetos AAM e implementar processos para melhor gerenciamento e consenso em deliberações futuras; Definir e aplicar diretrizes claras sobre os papéis e responsabilidades no processo de certificação
Políticas e Leis	Em relação as políticas, apresenta-se um recorte nulo, em sua publicação FAA, (2023) e Olivares <i>et al.</i> (2022), em todos os níveis. “a nossa análise constatou uma falta de políticas, orientações e instruções de trabalho tanto a nível interno como externo” (FAA, 2023, p.12)

Tópicos (Tecnologia da Informação)	Principais Achados e Discussões
Inteligência Artificial	A segurança cibernética torna-se crucial para proteger sistemas de voo e dados dos usuários contra ataques maliciosos. EASA (2023) classifica a cibersegurança em três níveis O sistema ou organização, que possui vulnerabilidades que podem ser exploradas, resultando em impactos operacionais; A ameaça (como um <i>malware</i>), que pode causar danos ao explorar essas vulnerabilidades; O controle de segurança ou contramedida, implementado pelo defensor para mitigar um ou mais riscos de segurança. Do ponto de vista ético, há preocupações sobre privacidade, vigilância e o impacto em empregos. Juridicamente, é necessário desenvolver marcos regulatórios que garantam a operação segura, equitativa e legal desses veículos aéreos em áreas urbanas.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

3.4 DISCUSSÕES APROFUNDADAS

Nesta seção desenvolve-se os principais aspectos de cada ramo de pesquisa, aprofundando as discussões.

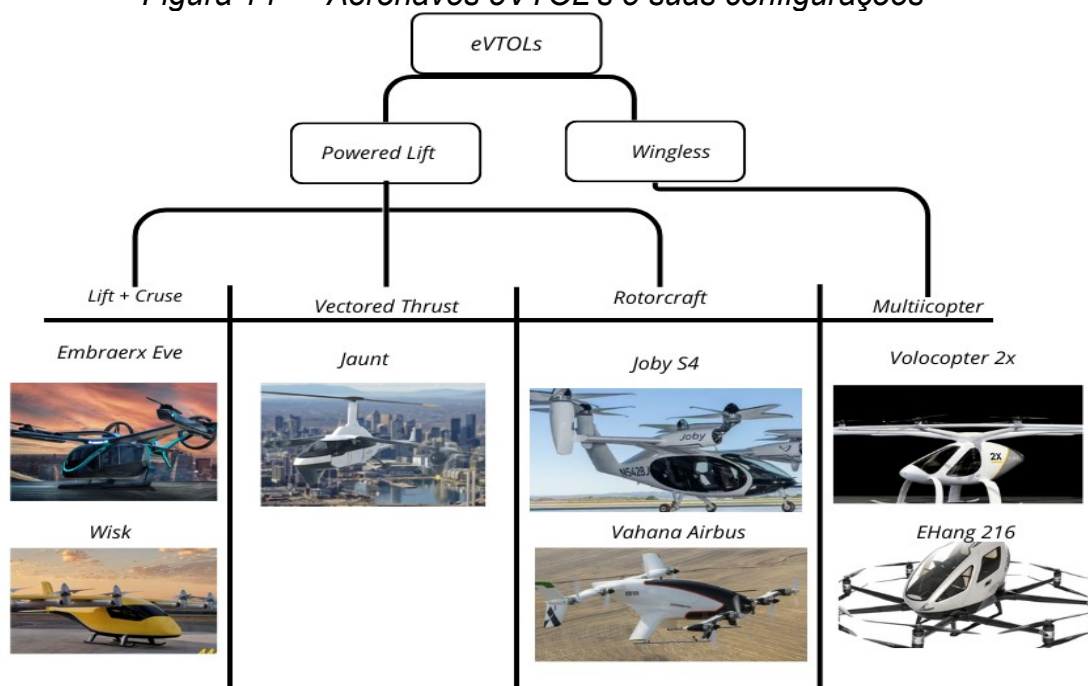
3.5 ENGENHARIA DE VEÍCULOS E INFRAESTRUTURA

Verificou-se durante a revisão que os aspectos relacionados aos veículos se expandem de maneira ampla. Constatou-se empenho de diferentes empresas, cada uma apresentando diferentes modelos de aeronave, que deverão compartilhar um mesmo campo de pouso. Classificam as aeronaves em duas categorias, *Power Lift* e *Wingless*, e quatro subcategorias *Lift + Cruise*, *Multicopter*, *Rotorcraft* e *Vectored Thrust*, suas classificações é dada pelos seus elementos aeronáuticos e desenho. A Figura 14 ilustra os modelos de aeronaves. Vale destacar a definição de eVTOL, segundo Ugwueze *et al.* (2022) uma aeronave mais pesada que o ar transportando pessoas para decolagem e aterrissagem vertical, com sustentação/tração unidades usadas para gerar sustentação e controle motorizados.

A configuração *Power Lift*, está associada ao uso de asas e propulsão, o que tende a garantir uma manobrabilidade superior ao *wingless* Embraer (2022). Por outro lado, a configuração *Wingless* possui como principal característica a capacidade de

obter sua sustentação e tração pelo uso de motores.

Figura 14 — Aeronaves eVTOL's e suas configurações



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Observa-se que no presente momento a configuração “ideal” para os eVTOLs, ainda se encontra em discussão, segundo Ugwueze *et al.* (2022), isso se dá devido a fase inicial no desenvolvimento dos projetos.

Contudo, as diferentes configurações de aeronaves influenciarão de maneira ampla em todos os outros campos de pesquisa observados na RSL, exemplifica-se o ruído, o experimento de Altena *et al.* (2024) revelou diferenças significativas nos níveis de ruído e características de frequência entre os tipos de aeronaves, afetando por consoante, aspectos como aceitação pública, certificação, localização configuração dos aeródromos.

Um aspecto preocupante identificado em todas as aeronaves são as suas capacidades de voo esperadas, no que se refere ao tempo de voo/autonomia. Conforme Quadro 4, notou-se variações vultuosas, por exemplo, empresas com experiência no desenvolvimento de aeronaves, divulgaram alcances de suas aeronaves bem menores, vide Eve Embaer (96 km), CityAirbus (80 km) e Boeing Wisk Aereo (145 km), enquanto outras esperam uma autonomia algumas vezes até 8 maior. Assim sendo, trazendo algumas influências, em relação a uma série de outros

aspectos como flexibilidade operacional urbana ou regional, infraestrutura necessária para carregamento de bateria, capacidade de carga e entre outros.

Observou-se também, projetos cancelados ou congelados, a título de exemplo o projeto da Airbus, que divulgou um alcance de voo de 80 quilômetros, congelou o desenvolvimento de sua aeronave, devido à tecnologia de baterias não se encontrar em capacidade de suprir as necessidades de energia da aeronave. Questionando-se, mais uma vez, qual é a real capacidade dessas aeronaves, reiterando a necessidade de uma análise futuroológica deste conceito, a ser aplicada neste trabalho.

Quadro 4 – Autonomia estimada por fabricante

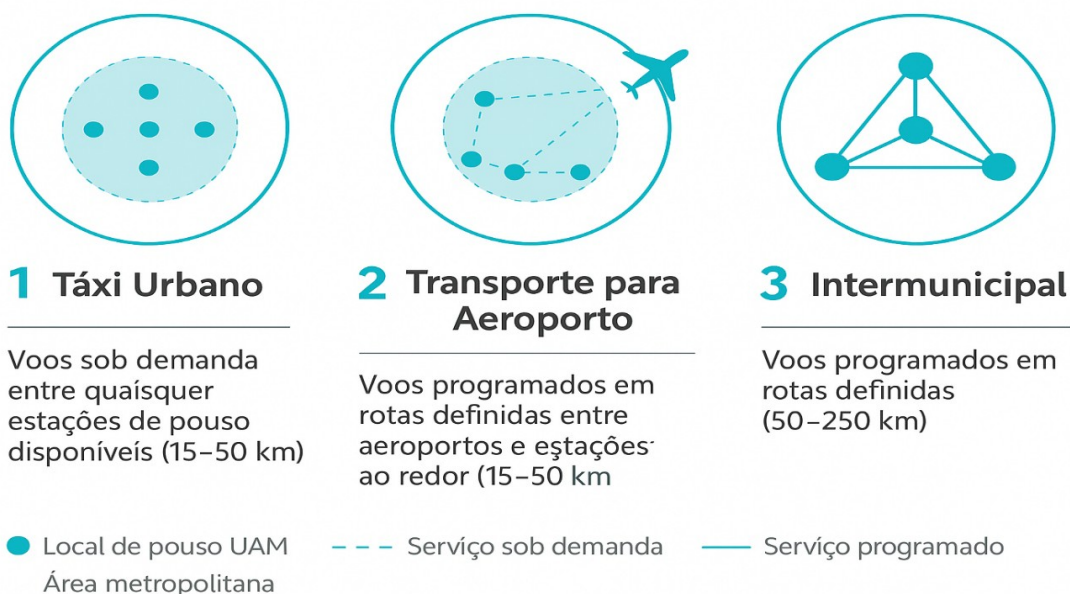
Fabricante/ Modelo	Autonomia Estimada
Boeing – Wisk Aereo Gen 6	Cerca de 145 km
Embraer – Eve	Cerca de 96 km
Airbus – CityAirbus	Cerca de 80 km
Pal V-Liberty	Cerca de 400 a 500 km
Hyundai – S-A2	Cerca de 45 a 70 km
Terrafugia – TF-X	Cerca de 805 km

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

3.6 ESTUDOS DE MERCADO

A RSL trouxe discussões diversas no que se trata em relação aos estudos de mercado, como demanda, modelo de negócio, treinamento de piloto com seus custos, custo de operações autônomas etc. Porém, entre as discussões uma que se destaca é o modelo de negócios e seu tamanho esperado. Vários reportes e estudos tais como Berger (2020), NASA (2018) e ANAC (2023) identificaram três modelos principais de negócios, como exemplificados na Figura 15.

Figura 15 — Modelos de Negócio

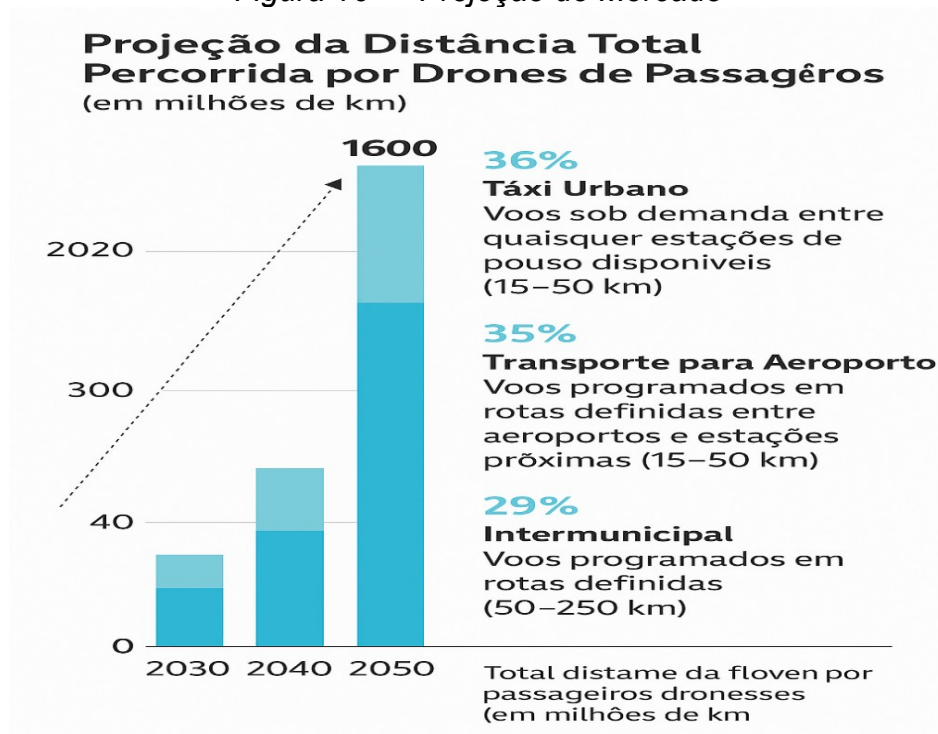


Fonte: Roland Berger (2020) adaptado e traduzido

Berger (2020) argumenta que cada aeronave é desenvolvida com o foco em algum dos três modelos de negócios propostos, fato que conjuga com os alcances estipulados pelas aeronaves citadas no parágrafo anterior.

O autor também estimou o tamanho do mercado via metodologia de *forecast*, identificou-se 1200 possíveis cidades, com potencial para o serviço prestado pela Mobilidade Aérea Urbana. Considerando tal, estimou-se 160.000 aeronaves comerciais de mobilidade aérea urbana operando em 2050, com uma divisão de mercado de 29% para táxi urbano, 35% para transporte para aeroporto e 36% para intermunicipal, conforme Figura número 16 ilustra o desenvolvimento e divisão com o passar dos anos. Por fim, espera-se que 90% da receita advenha dos modelos de transporte para o aeroporto e intermunicipal. Berger (2020), os serviços intermunicipais terão um número menor de voos geral, mas cobrirão distâncias maiores, gerando mais receita por voo e com maior utilização, já os serviços de transporte de média distância para o aeroporto serão atraentes para o mercado empresarial, permitindo-lhes cobrar um valor superior em comparação com os táxis urbanos.

Figura 16 — Projeção de Mercado



Fonte: Roland Berger (2020) adaptado e traduzido

3.7 REGULAMENTAÇÃO

A regulamentação mostra-se como essencial para garantir a legitimidade de todo o processo envolvido, do desenvolvimento da aeronave, certificação e exploração comercial. Antas (1979) *apud* ANAC (2011, p. 796) definem certificado de aeronavegabilidade.

Forma padrão de certificado prescrito e fornecido pela Autoridade competente para uma aeronave que tenha cumprido todos os requisitos fixados pela administração no que se refere ao projeto, manutenção, aeronavegabilidade e outros julgados necessários para a segurança do voo.

Uma definição mais clara é fornecida por ANACPEDIA (2020, p.1) “é o documento que comprova, quando de sua emissão, que uma aeronave está em condição técnica apta ao voo.” Porém, antes da obtenção do certificado de aeronavegabilidade, a aeronave deve obter o certificado de tipo. FAA (2024) classifica como a certificação de tipo é a aprovação do projeto de uma aeronave e de todos os seus componentes (como hélices, motores, estações de controle, entre outros). Isso significa que o projeto está em conformidade com os padrões aplicáveis de aeronavegabilidade,

ruído, ventilação de combustível e emissões de gases de escape etc.

Durante o processo de certificação aeronáutica a aeronave deve provar ser apta ao voo, demonstrando suas capacidades de forma extensiva, este processo é comum de durar muitos anos e sofrer atrasos, exemplifica-se Boeing 787 (8 anos); C390 Milenium Embraer (7 anos), sendo assim, todo o processo para as aeronaves de mobilidade aérea urbana tende a ser mais complexo, por não haver a regulamentação 100% pronta indicando quais são os requisitos que devem ser cumpridos.

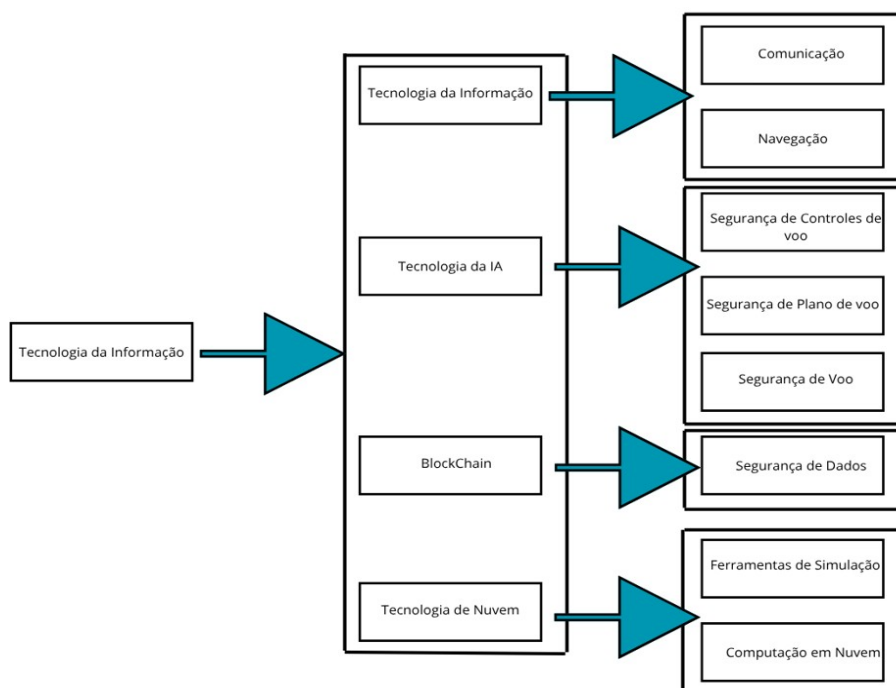
Nota-se tentativas das agências regulatórias em começar todo este longo processo ditando de forma inicial as regras, a ANAC (2024) tornou pública a portaria número 15.760; que apresenta os critérios de aeronavegabilidade a serem provados pela aeronave EVE, em primeiro momento o documento indica apenas os critérios gerais de voo mínimos, por exemplo, desempenho em voo, pouso e decolagem, subida e voo em rota.

Apesar de a agência ANAC a indústria brasileira se mostrarem evoluídas em todo esse complexo problema, a agência americana FAA, vêm trabalhando de forma exemplar, liberando diretrizes mais complexas e abrangentes, FAA (2024) torna pública os padrões e guia, para o desenvolvimento dos vertiportos, também há de notar um processo mais evoluído na certificação da aeronave, por exemplo, pode-se afirmar que a empresa mais a frente deste processo *Joby Aviation*, a mesma, já concluiu vários processos certificatórios e já voa sua aeronave embarcada com piloto.

3.8 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

A tecnologia da informação (TI) desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da Mobilidade Aérea Urbana (MAU), integrando sistemas inteligentes que possibilitam a operação segura e eficiente de aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical, em ambientes urbanos. Este ramo de pesquisa se apresenta como várias ramificações como os anteriores, a Figura número 17, demonstra a complexidade de tal.

Figura 17 — Aspectos de Ti



Fonte: Liu *et al.* (2024) adaptado e traduzido

3.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Observa-se na RSL que a maior parte dos estudos selecionados são de origem internacional, evidenciando a predominância de pesquisas conduzidas em outros países. Apenas dois artigos escritos em português foram encontrados, o que reforça a necessidade de maior investimento em estudos locais e na produção científica nacional sobre o tema. Essa discrepância reflete tanto a relevância global da área quanto a oportunidade para pesquisadores de países lusófonos contribuírem para o avanço do conhecimento no campo.

Em conclusão, os achados da revisão sistemática evidenciam a relevância do tema e sua complexidade natural, demonstrando e identificando diferentes ramos de pesquisa, tal descoberta sustenta a necessidade de uma análise futurística em relação aos temas. Levando em conta que a falha ou um desenvolvimento inadequado de qualquer um dos ramos de pesquisas descobertas podem levar a consequências substanciais no sucesso de todo esse futuro ecossistema, ou seja, observar esses cenários é de suma importância, visando preparar a indústria, academia e reguladores para o incerto.

4.0 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Propor-se a realizar uma pesquisa prospectiva o pesquisador deve eleger uma parcela delimitada de um assunto, ou seja, um recorte, que deve propor restrições e limites, conforme o objetivo de pesquisa. Rede Comp (2007) a formulação adequada do problema de pesquisa, em um estudo prospectivo, é elemento crítico para seu sucesso.

A delimitação do problema deve ser viável – o problema de pesquisa deve ser restrito, para permitir a sua viabilidade, pois o problema formulado de forma ampla poderá tornar inviável a realização do estudo prospectivo, em termos de operacionalização e, conseqüentemente, de análise dos dados. (Polacinski, 2011, p. 104).

De igual relevância o horizonte temporal deve ser definido. Para Godet (2000) o estudo necessita de ser estabelecido de forma clara, junto ao problema de pesquisa. Tal horizonte será de valia para determinar os dados a serem coletados. Para Rede Comp (2007) de maneira inerente estudos prospectivos, devem observar rupturas e dinâmicas relacionadas ao futuro, assim, um horizonte muito curto pode transformar em um estudo não pertinente e de situação atual. Porém, estudos com horizontes muito longos também podem prejudicar a operacionalização do estudo, visto que possa não existir elementos suficientes para um trabalho prospectivo consistente. Por fim, a seleção do horizonte temporal necessita de ser definido de forma prudente e coerente, conforme possibilidade de efetivação, prazos e estratégias metodológicas.

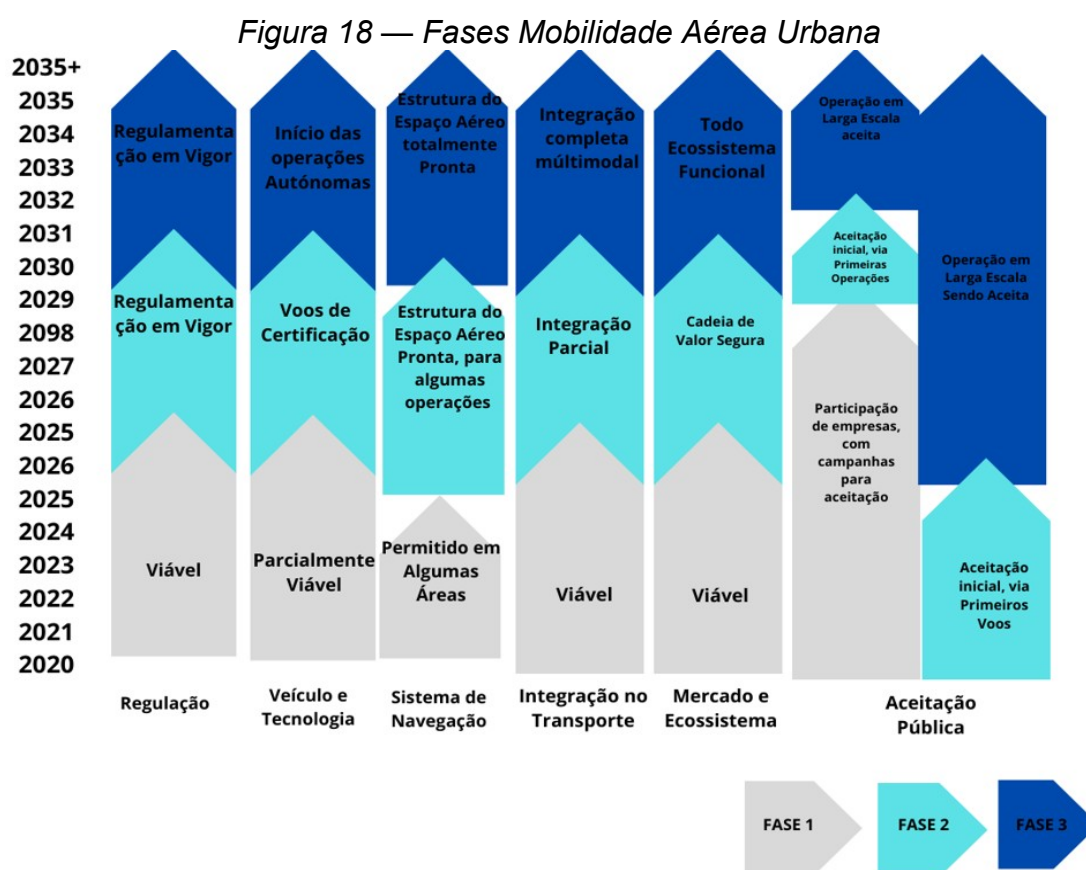
Cabe ressaltar a classificação estabelecida de forma genérica, conforme horizonte temporal, Rede Comp (2007) classifica, (i) curto 5 – 10 anos; (ii) médio 10 – 20 anos; (iii) longo mais de 20 anos.

A questão de pesquisa apresentada “Quais elementos estruturam a Mobilidade Aérea Urbana e como suas interações determinam oportunidades, limites e possibilidades para seu desenvolvimento e adoção?” manifesta-se de maneira ampla, sem definição de horizonte temporal ou recorte específico. O presente capítulo busca apresentar um recorte e horizonte temporal coerente com a natureza, objetivo, metodologia e recursos disponíveis para a pesquisa.

Quanto ao recorte e horizonte, NASA (2020) espera-se que o conceito apresenta 3 possíveis níveis de maturidade, divididos em níveis “inicial, intermediário

e maduro”. Em síntese, o nível inicial, aborda funções como os primeiros testes de voo, certificações iniciais e poucas operações comerciais, com autonomia assistida, ou seja, com piloto a bordo. Já o segundo nível, sugere operações com média densidade populacional e autonomia responsável, ou seja, ainda existirá a necessidade da operação em partes da aeronave por humanos. No último nível, espera-se alta densidade operacional, veículos 100% autônomos. O trabalho apresentado pela NASA, discute os tópicos apresentados, porém, por escolha, não apresenta horizonte temporal específico.

Porém, a natureza do presente trabalho, necessita de um horizonte temporal e recorte mais específico. O trabalho de Straubinger e Olaf (2022) classifica os aspectos observados no trabalho da NASA (2020), por anos, conforme Figura 18.



Fonte: Straubinger e Olaf (2022) adaptado e traduzido

Observa-se na Figura 18, que a princípio o conceito de Mobilidade Aérea Urbana alcance o seu potencial máximo em 2035+. Conforme mencionado por Rede Comp (2007), é de extrema importância uma seleção de horizonte temporal válido

para estudos prospectivos.

Este trabalho aplica a metodologia prospectiva, com o recorte temporal do potencial máximo da MAU, ou seja, +2035, assim sendo, o estudo se classifica como horizonte temporal médio de 10 até 20 anos. Justifica-se tal escolha pelos pontos destacados a seguir.

A análise tende a ser mais precisa, pois, a visão de futuro e variáveis a serem empregadas nas ferramentas são mais bem delimitadas, como por exemplo, a expectativa de maturidade tecnológica máxima, regulação completa, infraestrutura adaptada, mercado consolidado e aceitação social.

Por fim, deve-se selecionar as vertentes de pesquisas a serem aplicados os métodos prospectivos. Conforme aplicação da RSL, observou-se uma divisão consistente entre os ramos de pesquisa, engenharia 29%; estudos de mercado 24%; regulamentação 24%; tecnologia da informação 21%.

Decidiu-se dois grandes ramos de pesquisas.

1. Engenharia / veículos

• 1.1 Núcleo Tecnológico da MAU

A base da Mobilidade Aérea Urbana está na concepção e desenvolvimento dos veículos aéreos elétricos de decolagem e pouso vertical. Estudar esse campo é essencial para compreender os limites e as possibilidades da tecnologia, bem como sua viabilidade técnica em escala urbana.

• 1.2 Impacto Direto na Viabilidade Operacional

Questões como autonomia de voo, capacidade de carga, eficiência energética e segurança redundante estão no cerne da engenharia dos veículos. Sem esse pilar bem desenvolvido, nenhum cenário de MAU em larga escala se sustenta, o que justifica a centralidade desse campo na pesquisa prospectiva.

• 2.0 Regulamentação / certificação e leis

• 2.1 Barreira Crítica para a Implementação

Mesmo com a tecnologia pronta, a MAU não poderá operar plenamente sem um arcabouço regulatório robusto e harmonizado. Estudar esse campo é fundamental para compreender os entraves legais e institucionais que podem retardar ou acelerar a adoção da MAU.

• 2.2 Segurança e Responsabilidade Jurídica

A certificação das aeronaves, a regulamentação do espaço aéreo urbano e as leis relacionadas à responsabilidade civil, privacidade e segurança de dados são cruciais para garantir a confiança social no sistema. Esse campo dá suporte normativo à engenharia e à operação.

- 2.3 Integração com Normas Globais

Como a MAU é uma inovação com alcance global, compreender a regulamentação é importante para prever como diferentes países e regiões vão convergir ou divergir em suas normas. Isso impacta diretamente a escalabilidade internacional do sistema e os modelos de negócio possíveis.

- 2.3 Governança do Espaço Urbano Aéreo

O surgimento de um novo modal aéreo exige novas formas de governança urbana e intermodal, envolvendo governos, empresas, operadores e cidadãos. A legislação definirá quem pode operar, onde e em que condições, influenciando diretamente os cenários futuros.

A escolha desses dois campos é estratégica, pois eles representam pilares da viabilidade da MAU. Engenharia/Veículos: garante que o sistema funcione com segurança, eficiência e sustentabilidade. Regulamentação/Leis: assegura que o sistema funcione legalmente, com aceitação pública e governança adequada.

5.0 PROSPECÇÃO

Explorar novos campos de negócios é uma tarefa desafiadora, pois requer a integração de várias perspectivas interdependentes, incluindo satisfação do cliente, potencial tecnológico, reação do concorrente, bem como envolvimento ativo das partes interessadas MAHONEY *et al.* (1992). Assim sendo, propor-se em projetar futuros para o MAU resulta em uma complexidade natural. Portanto, o desafio metodológico é complexo. Para Cervo, Bervian e Silva (2023) o método a ser empregado depende do objeto da pesquisa.

Os estudos prospectivos são uma forma eficiente de planejamento, identificação de oportunidades e definição de ações a serem tomadas. A prospectiva deve ser entendida como um processo contínuo de pensar o futuro e identificar elementos que contribuam para uma melhor tomada de decisão, considerando diferentes aspectos, como fatores econômicos, tecnológicos, ambientais e políticos. *Adaptado de Rohrbeck e Kum (2018) e Schoemaker (1995).*

5.1 CONCEITUAÇÃO DO MÉTODO PROSPECTIVO

Os preceitos da metodologia prospectiva datam de 1940, na ocasião em que Herman Kahn discutiu o conceito de "pensar o impensável". Integrar as análises abrangentes à imaginação leva à criação de histórias orientadas para o futuro, denominadas "cenários" MAHONEY *et al.* (1992).

Segundo Schoemaker (1995) a prospecção é um método estruturado (disciplinado) para imaginar futuros possíveis. Não obstante, Mayerhoff (2008) define em termos gerais, os estudos de prospecção podem ser definidos como qualquer exploração do que deve acontecer e do que nós devemos querer que venha a acontecer.

Sobredito, existe grande quantidade de técnicas e métodos de prospecção de futuro. A bibliografia classifica os métodos de prospecção em três principais grupos. Nas classificações dadas por Zackiewicz e Filho (2001) *apud* Bassi et al. (2013) os mesmos são classificados como formais, informais e quantitativos. Os métodos formais incluem entrevistas estruturadas, análises morfológicas, discussões

organizadas sobre questões pré-determinadas, o método Delphi, análise de impactos cruzados, além da construção e análise de cenários. Os métodos informais, por sua vez, consistem principalmente em discussões não estruturadas, como *workshops*. Já os métodos quantitativos abrangem a extrapolação de tendências, modelagens computacionais, curvas de crescimento e versões modificadas do método Delphi para gerar avaliações quantitativas, entre outros.

Bassi *et al.* (2013) apresenta uma síntese de diferentes metodologias em estudos prospectivos e suas características gerais, mostrados no Quadro 5.

Quadro 5 – Principais técnicas e métodos utilizados na prospecção.

Metodologia	Característica
Opinião de Especialistas	Método qualitativo, baseado em opinião de especialistas, utilizado para complementar as informações obtidas e captação de conhecimentos tácitos, sinais fracos e <i>insights</i> . Delphi, painéis de especialistas, entrevistas, encontros, levantamento, são exemplos deste método.
Cenários	Instrumentos para ordenar percepções sobre ambientes futuros alternativos, sobre as quais as decisões atuais se basearão. Busca construir representações do futuro que destacam as tendências dominantes e as possibilidades de ruptura no ambiente em que estão localizadas as organizações.
Modelagem e Simulação	Tentativas de identificar certas variáveis e criar modelos computacionais, jogos ou sistemas nos quais se pode visualizar a interação entre as variáveis ao longo do tempo.
Monitoramento e Sistemas de Inteligência	Constituem fontes básicas de informação relevante. Monitorar significa observar, checar e atualizar-se em relação aos desenvolvimentos, numa área de interesse bem definida, para uma finalidade bem específica.
Tendências	Utiliza técnicas matemáticas e estatísticas para extrapolar séries temporais para o futuro. Coleta-se informação sobre uma variável ao longo do tempo e, em seguida, essa informação é extrapolada para um ponto no futuro.
Métodos Descritivos e Matrices	Ampliação da criatividade individual ou coletiva para identificar futuros alternativos. Necessitam de especialistas, boas séries de dados, estruturas, compreensão da modelagem e das tecnologias da informação e comunicação.
Métodos Estatísticos	Procuram identificar e medir o efeito de uma ou mais variáveis independentes, importantes sobre o comportamento futuro de uma variável dependente.
Criatividade	É um meio de ampliar a habilidade de visualizar futuros alternativos. Alguns métodos contribuem para aprimorar esta característica naqueles que trabalham com prospecção ou gestão de tecnologia, como por exemplo, com <i>Brainstorming</i> e <i>Brainwriting</i> . Indicada para ser usada no início do processo.
Avaliação e Decisão	Incluem o tratamento de múltiplos pontos de vista para priorizar ou reduzir fatores que devem ser considerados. Diferentes abordagens vêm sendo adaptadas e utilizadas, como o processo de hierarquias analíticas (AHP) e árvores de relevância. Quem decide pode expressar preferências e estabelecer prioridades.

Fonte: Bassi *et al.* (2015)

Ressalta-se que, cada método, técnica ou ferramenta apresenta vantagens e desvantagens, assim, a qualidade dos resultados está diretamente ligada a correta escolha metodológica em sua elaboração Bassi *et al.* (2013). Para Canongia *et al.* (2002) as metodologias mais utilizadas para apoiar a reflexão no campo de ciência e tecnologia incluem: cenários, modelagem e simulação, monitoramento de tendências e opinião de especialistas.

Godet (1997) identifica quatro possíveis atitudes a serem tomadas frente a mudanças tecnológicas: 1) atitude passiva, em que a organização apenas absorve os impactos das mudanças; 2) atitude reativa, em que a organização responde às mudanças somente após sua ocorrência; 3) atitude pré-ativa, caracterizada pela preparação antecipada da organização para as mudanças; e 4) atitude pró-ativa, em que a organização lidera e impulsiona as mudanças.

A utilização de métodos prospectivos estão ligadas a atitudes pré-ativas e pró-ativa, no sentido que, ao tratar-se da pré-ativa, a organização busca se preparar para as mudanças que estão para acontecer ou em curso. Já na pró-ativa, a organização tem a iniciativa de conduzir as mudanças, assim, estudos de prospecção são necessários para projeções de consequências das ações a serem tomadas.

Existe três abordagem passíveis empregadas na tarefa de prospectar o futuro. Mayerhoff (2008), por meio de 1) inferências que projetam o futuro com base na continuidade do passado, dentro de certos limites, sem considerar descontinuidades ou rupturas; 2) pela criação sistemática de trajetórias alternativas, com a construção de cenários possíveis; ou 3) por consenso, a partir da visão subjetiva de especialistas.

Por fim, Bahruth *et al.* (2006) apresentam quatro fases distintas no processo de prospecção tecnológica: 1) fase preparatória, em que são definidos os objetivos, o escopo, a abordagem e a metodologia; 2) fase pré-prospectiva, que envolve o detalhamento da metodologia e o levantamento das fontes de dados; 3) fase prospectiva, dedicada à coleta, tratamento e análise dos dados; e 4) fase pós-prospectiva, que abrange a comunicação dos resultados, a implementação das ações e o monitoramento.

5.2 PROSPECÇÃO NO BRASIL

A utilização do método prospectivo vem se ampliando nos mais diversos campos de aplicação. Destaca-se a aplicação de trabalhos científicos advindos da academia Spada e Forte (2018); Araujo e Almeida (2009). Ao analisarmos os trabalhos citados, observa-se uma diversidade nos ramos em que o método foi aplicado. O trabalho de Borgues avalia a indústria automobilística brasileira até o ano de 2050, utilizando-se de uma série de ferramentas para tal. Soares (2023) argumenta que a variedade de ferramentas ou técnicas permitem a elaboração de cenários mais ricos, tal variedade destaca-se que o método é adaptável, conforme a necessidade e objetivo do trabalho. Spada e (Forte 2018) aplicam a metodologia em um estudo que visa identificar os cenários prospectivos para universidades corporativas. Já o trabalho de Araujo e Almeida (2009) se dispõe dos cenários prospectivos para apresentar um modelo multicritério para gestão estratégica.

Constata-se que a academia brasileira vem utilizando o método para diversas aplicabilidades. O trabalho de Borgues e Spada (2018) demonstra algo tangível, focando em uma análise de indústrias, e qualidade de ensino, não obstante, Araujo e Almeida (2009) examina algo teórico, destacando a adaptabilidade passível dos cenários.

O uso crescente da prospecção também é observado em órgãos públicos e empresas estatais. Destacam Ministério da Defesa, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Lopes (2014) *apud* Soares (2023, p. 20) “a EMBRAPA trabalha com a antecipação de futuros possíveis, modelo de estudo chamado (*Foresight*)”, que permite avaliar cenários, tendências e antecipar que futuro se pode esperar em determinada área, em cinco, dez e quinze anos. Tal capacidade, prepara a empresa para delimitar e definir as estratégias em vários aspectos na agropecuária.

Já o estudo do IPEA (2017) contata-se algo mais amplo, se expandido para a cenarização de longo termo e com aspectos diversos, com o seguinte questionamento “que caminho o Brasil poderá trilhar até 2035 para que tenhamos um país desenvolvido, com uma sociedade mais livre, justa e solidária em 2100?”

Outro exemplo de aplicação do método prospectivo na administração pública

brasileira é o estudo “Cenários de Defesa 2020 – 2039”, publicado no ano de 2017 pelo ministério da defesa, é notório a capacidade dos pesquisadores em gerar cenários assertivos, antecipando uma pandemia global.

os grandes fluxos de mercadorias e pessoas ao redor do mundo poderiam promover pandemias, proliferando doenças humanas, animais e vegetais que culminem em catástrofes humanitárias. A neutralização destas dependerá das capacidades estatais em desenvolver e produzir vacinas, além de controlar portos, aeroportos e fronteiras. (Ministério da Defesa, 2017, p.15).

Apesar de apresentar uma baixa probabilidade atribuída no estudo de (11% e 50%), verifica-se que, estes cenários visaram preparar os gestores como exemplo

em casos de pandemia, as capacidades dos órgãos dedicados às questões sanitárias, bem como ao controle de fronteiras, portos e aeroportos se esgotarão, exigindo a atuação emergencial das Forças Armadas. Ministério da Defesa, (2017, p. 27)

Investigando-se a utilização do método prospectivo no Brasil, pode-se findar que possuímos recursos humanos capacitados, centros acadêmicos e instituições capazes de apresentarem estudos orientados para áreas diferentes, com capacidade de apresentar estudos elaborados e complexos.

5.3 PROSPECÇÃO NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

O processo de inovação utiliza-se da prospecção, visando uma preparação para diferentes cenários, porém, o método pode ser amplamente aplicado em diferentes indústrias.

Pesquisadores também se utilizaram do método prospectivo na indústria aeronáutica, como Machado *et al.* (2017) e Carvalho *et al.* (2020) que analisaram o setor aeronáutico brasileiro, com foco no mercado de passageiros, ambos autores se utilizaram de variadas metodologias de prospecção. Costa e Barros (2017) *apud* Carvalho *et al.* (2017, p. 3) aplicou o método de *Momentum* “*Momentum* é um método para prospecção de cenários híbrido, que analisa qualitativa e quantitativamente os cenários”, outros métodos de auxílio também foram aplicados como Grid, que busca identificar os atores envolvidos no problema cenário.

Godet (1991) também se utilizou da ferramenta/método Mactor para realizar um estudo sobre o transporte aéreo em Paris, aplicou-se um recorte entre 1978 e 1990, buscou-se identificar o comportamento dos autores na indústria aeronáutica.

6 MÉTODOS PROSPECTIVOS

A prospecção consolidou-se e evoluiu nas últimas décadas como um campo de conhecimento essencial para a sobrevivência e a competitividade de organizações em ambientes de elevada incerteza. Diferente da previsão tradicional, que opera sob uma lógica determinística e baseia-se em extrapolações lineares do passado, a prospecção fundamenta-se na premissa de que o futuro não é um destino único a ser adivinhado, mas sim um espaço de múltiplas possibilidades que pode ser influenciado pela ação humana no presente.

Como o estudo em questão faz uso da metodologia prospectiva, necessita-se de uma exploração generalizada dos vários métodos que foram desenvolvidos com o passar do tempo, assim sendo, a compreensão possibilita a escolha das ferramentas corretas.

A literatura especializada apresenta diversas metodologias para a construção de cenários prospectivos, entre as quais se destacam as propostas por:

- a) Peter Schwartz
- b) Michael Porter
- c) Raul Grumbach
- d) Michel Godet

Esses métodos diferenciam-se quanto ao grau de formalização, às ferramentas analíticas utilizadas e ao enfoque estratégico adotado, embora compartilhem o objetivo comum de explorar múltiplos futuros possíveis para orientar a tomada de decisão. As seções a seguir demonstram as técnicas de Schwartz, Porter, Grumbach e Godet.

6.1 O MÉTODO DE SCHWARTZ

O método prospectivo proposto por Peter Schwartz é uma das abordagens mais difundidas no campo da prospectiva estratégica, especialmente no contexto do planejamento organizacional. Essa metodologia está associada à chamada escola da Lógica Intuitiva, cuja principal característica é a construção de narrativas plausíveis sobre diferentes futuros possíveis a partir da análise de incertezas estratégicas e forças motrizes do ambiente. Essa abordagem busca apoiar o processo decisório em contextos complexos e incertos, permitindo que organizações explorem múltiplas possibilidades de evolução do ambiente externo Moritz (2004).

De acordo com Schwartz (2000) os cenários constituem instrumentos que estimulam conversações estratégicas dentro das organizações, contribuindo para o desenvolvimento de processos contínuos de aprendizagem organizacional. Nesse sentido, os cenários não devem ser interpretados como previsões exatas do futuro, mas como representações plausíveis de diferentes ambientes futuros que auxiliam na compreensão de riscos, oportunidades e possíveis implicações estratégicas Schwartz (2000) e Moritz (2004). Essa perspectiva reforça a ideia de que o planejamento por cenários tem como objetivo ampliar a qualidade das decisões estratégicas em contextos caracterizados por elevado grau de incerteza.

A metodologia proposta por Schwartz para a construção de cenários apresenta caráter qualitativo e estruturado, sendo composta por oito etapas principais Schwartz (1996).

1. Identificação da questão central – etapa em que se define o problema estratégico ou a decisão que motiva a elaboração dos cenários.
2. Identificação das forças-chave do ambiente local – consiste na identificação dos fatores do microambiente que influenciam diretamente o sucesso ou fracasso da questão estratégica analisada.
3. Identificação das forças motrizes do macroambiente – envolve a análise de tendências políticas, econômicas, sociais, tecnológicas e ambientais que podem influenciar a evolução da questão central.
4. Classificação das variáveis segundo importância e incerteza – os fatores identificados são avaliados com base em dois critérios: grau de importância para a questão estratégica e grau de incerteza associado a esses fatores. O

objetivo é identificar as variáveis mais críticas para a construção dos cenários.

5. Seleção das lógicas dos cenários – consiste na definição dos eixos estruturais que orientarão a construção das alternativas de futuro. Esses eixos resultam da combinação das variáveis consideradas mais relevantes e incertas.
6. Descrição dos cenários – elaboração de narrativas detalhadas que descrevem a evolução das variáveis ao longo do horizonte temporal considerado.
7. Análise das implicações estratégicas – avaliação das consequências que cada cenário pode gerar para a organização, identificando riscos, oportunidades e possíveis respostas estratégicas.
8. Seleção de indicadores e sinalizadores – definição de indicadores capazes de monitorar o ambiente e identificar sinais que indiquem qual cenário pode estar se materializando.

Um aspecto importante dessa abordagem refere-se ao número de cenários elaborados. Schwartz (2000) sugere que sejam desenvolvidos entre três e cinco cenários representativos, permitindo que os tomadores de decisão comparem diferentes possibilidades de futuro sem comprometer a clareza do processo analítico. Além disso, o método evita atribuir probabilidades explícitas aos cenários, com o objetivo de impedir que os decisores se concentrem apenas no cenário considerado mais provável, estimulando uma análise mais equilibrada das alternativas possíveis. Outro elemento relevante da metodologia refere-se à participação dos dirigentes organizacionais no processo de construção dos cenários. A inclusão desses atores permite incorporar diferentes percepções e experiências no processo analítico, favorecendo a geração de conhecimento estratégico. Contudo, também se reconhece que os modelos mentais dos participantes podem limitar a percepção de mudanças emergentes no ambiente.

Por fim, Schwartz (1991) ressalta que cenários eficazes devem apresentar duas características fundamentais: plausibilidade e capacidade de provocar reflexão estratégica. Cenários bem construídos são aqueles que desafiam pressupostos estabelecidos e ampliam a capacidade das organizações de interpretar transformações futuras e adaptar suas estratégias de maneira proativa.

6.2 O MÉTODO DE MICHAEL PORTER

O método prospectivo proposto por Michael Porter está diretamente relacionado à análise da estrutura competitiva das indústrias e à formulação de estratégias competitivas. Diferentemente de outras abordagens prospectivas que analisam sistemas amplos, a metodologia de Porter concentra-se no setor ou indústria como unidade principal de análise, considerando que as transformações econômicas, tecnológicas e políticas devem ser avaliadas a partir de seus impactos sobre a concorrência e a estrutura setorial Porter (1989) e Ribeiro (1997).

Nesse contexto, Porter desenvolveu o modelo das cinco forças competitivas, utilizado para analisar o nível de competitividade e atratividade de um setor. Esse modelo considera que o grau de concorrência em uma indústria é determinado por cinco fatores principais: a rivalidade entre os concorrentes existentes, a ameaça de novos entrantes, o poder de negociação dos compradores, o poder de negociação dos fornecedores e a ameaça de produtos ou serviços substitutos Porter (1980) Porter (1985). Essas forças determinam a intensidade da competição e influenciam diretamente o potencial de lucratividade das empresas que atuam no setor.

A partir dessa perspectiva, o autor propõe o conceito de cenários industriais, que correspondem a representações plausíveis de diferentes configurações futuras da estrutura de um setor. Esses cenários não devem ser interpretados como previsões exatas, mas como conjuntos de suposições consistentes sobre fatores que podem alterar a dinâmica competitiva da indústria. O objetivo principal dessa abordagem é permitir que as organizações convertam incertezas sobre o ambiente competitivo em estratégias capazes de gerar vantagem competitiva Porter (1989).

Segundo Porter (1989) a elaboração de cenários industriais segue um conjunto de etapas metodológicas voltadas à análise das incertezas que podem alterar a estrutura do setor. De forma geral, o processo envolve as seguintes fases:

1. Identificação das incertezas que podem afetar a estrutura da indústria – consiste na análise das variáveis relacionadas ao modelo das cinco forças competitivas, identificando fatores que podem provocar mudanças significativas no ambiente competitivo.
2. Determinação dos fatores causais – busca identificar as causas que explicam o comportamento das variáveis incertas e as relações existentes entre elas.

3. Formulação de suposições plausíveis – elaboração de hipóteses sobre possíveis evoluções futuras dessas variáveis.
4. Combinação das suposições em cenários consistentes – integração das hipóteses em conjuntos coerentes que representem diferentes configurações futuras da indústria.
5. Análise da estrutura industrial em cada cenário – avaliação de como cada cenário pode alterar a dinâmica competitiva do setor.
6. Identificação das fontes de vantagem competitiva – análise das oportunidades estratégicas que podem emergir em cada cenário.
7. Previsão do comportamento da concorrência – avaliação das possíveis respostas estratégicas dos concorrentes diante das mudanças estruturais previstas.

A metodologia também prevê uma análise detalhada das variáveis de cenário, selecionando aquelas que apresentam maior grau de impacto e independência em relação às demais variáveis do sistema. Essas variáveis são utilizadas para definir as configurações dos cenários e suas possíveis evoluções futuras.

Após a elaboração dos cenários, Porter recomenda realizar uma análise estratégica considerando três aspectos principais: a atratividade futura da indústria, as possíveis fontes de vantagem competitiva e o comportamento esperado dos concorrentes. Essa análise permite que as empresas identifiquem alternativas estratégicas para lidar com diferentes configurações do ambiente competitivo.

No que se refere à formulação estratégica, Porter (1996) destaca que as organizações podem adotar diferentes abordagens para lidar com a incerteza associada aos cenários. Entre as principais alternativas estratégicas destacam-se: apostar no cenário considerado mais favorável ou provável, adotar estratégias flexíveis capazes de gerar resultados satisfatórios em diferentes cenários ou atuar para influenciar determinados fatores causais que podem moldar o futuro da indústria. Dessa forma, a abordagem de Porter apresenta forte integração entre análise prospectiva e estratégia competitiva, permitindo que as organizações compreendam como as transformações estruturais do setor podem afetar sua posição competitiva. Por esse motivo, o método é amplamente utilizado na área de administração e estratégia empresarial, especialmente em estudos voltados à análise de mercados e

indústrias.

6.3 O MÉTODO DE GRUMBACH

O método prospectivo desenvolvido por Raul Grumbach fundamenta-se nos princípios da prospectiva estratégica, segundo os quais o futuro não deve ser interpretado como mera extrapolação do passado, mas como um conjunto de possibilidades que podem emergir a partir da interação entre variáveis políticas, econômicas, tecnológicas e sociais. Nessa perspectiva, a análise prospectiva busca explorar futuros possíveis e apoiar a tomada de decisão estratégica em ambientes caracterizados por elevada incerteza Marcial (1999).

A metodologia proposta por Grumbach apresenta caráter estruturado e orientado à análise estratégica das organizações. De modo geral, o método é organizado em três etapas principais: definição do problema, pesquisa e processamento das informações. Essas etapas permitem estruturar o estudo prospectivo desde a delimitação do objeto de análise até a interpretação dos cenários elaborados.

1. Definição – Nesta etapa inicial define-se o propósito do estudo prospectivo, bem como sua amplitude e o horizonte temporal considerado. O objetivo consiste em compreender a natureza do problema e delimitar o sistema a ser analisado. Nesse momento são discutidos os objetivos do estudo, o contexto organizacional e as principais questões estratégicas que motivam a construção dos cenários. Também se estabelece a extensão da análise e o período de tempo que será considerado para a investigação das possíveis evoluções do sistema.
2. Pesquisa – A segunda etapa corresponde ao levantamento e análise de informações relevantes sobre o sistema estudado. Nessa fase realiza-se o diagnóstico da situação por meio da análise do histórico e da situação atual do ambiente organizacional. O processo envolve a identificação dos chamados fatos portadores de futuro, isto é, acontecimentos ou tendências que podem influenciar significativamente a evolução do sistema analisado. Também é elaborada uma lista preliminar de eventos capazes de afetar o comportamento das variáveis estratégicas. Para apoiar essa etapa são empregadas técnicas

prospectivas como o método Delphi e a análise de impactos cruzados, que auxiliam na seleção dos eventos mais relevantes e na compreensão das relações de influência entre diferentes variáveis do sistema.

3. Processamento – A terceira etapa consiste na análise das informações coletadas e na construção dos cenários prospectivos. Nessa fase são avaliadas as interações entre os eventos selecionados, permitindo estruturar diferentes configurações de futuro. O processamento envolve a identificação e seleção dos eventos relevantes, a aplicação das técnicas prospectivas para avaliar suas relações de influência e a geração de cenários alternativos. Posteriormente, esses cenários são interpretados e hierarquizados conforme sua relevância estratégica para a organização, permitindo identificar quais caminhos futuros apresentam maior impacto sobre o sistema analisado.

Após a elaboração e interpretação dos cenários, o método prevê a formulação de sugestões estratégicas baseadas nos resultados obtidos. Nesse momento os analistas sintetizam as conclusões do estudo e identificam ações que podem ser adotadas no presente para direcionar a organização em direção ao cenário considerado mais favorável ou prepará-la para enfrentar eventuais situações adversas no futuro.

No que se refere à interpretação dos cenários gerados, a literatura sobre o método sugere a utilização de diferentes tipos de cenários alternativos. Entre eles destacam-se o cenário mais provável, o cenário ideal, o cenário exploratório otimista, o cenário tendente e o cenário exploratório pessimista, permitindo analisar diferentes possibilidades de evolução do ambiente estratégico Marcial (1999).

Assim, o método de Grumbach caracteriza-se por integrar técnicas prospectivas e análise estratégica, contribuindo para ampliar a capacidade das organizações de interpretar mudanças no ambiente e desenvolver estratégias mais adequadas diante das incertezas do futuro.

6.4 PROSPECTIVA, GODET E CAIXA DE FERRAMENTAS

Os estudos prospectivos não têm como objetivo prever o futuro e sim propõe-se investigar de forma exploratória, entender a realidade e buscar possíveis futuros. Assim, se estudam as diversas possibilidades com futuros plausíveis, que criam probabilidades para que os mesmos ocorram ou não.

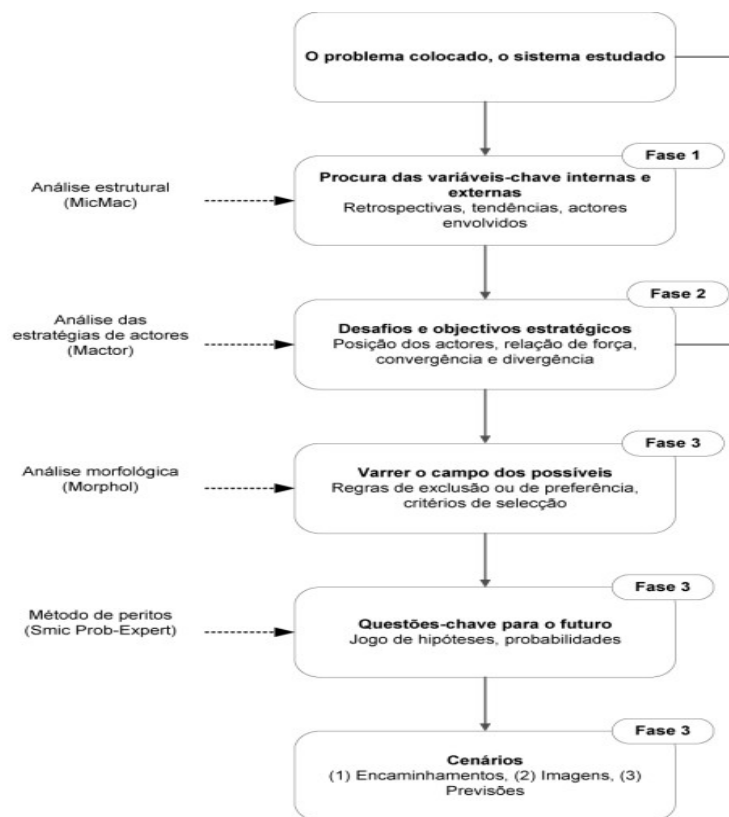
Desta forma, a proposta do presente trabalho demonstra a necessidade de uma investigação do MAU, utilizando-se de modelos teóricos para investigação de forma exploratória. Expondo os achados durante a RSL aplicada no presente trabalho, pode-se findar que os diferentes aspectos podem ser manifestados com diferentes variáveis, ou seja, uma metodologia eficaz capaz de identificar as consequências é imprescindível.

O método proposto por Godet (1993) retrata um dos mais robustos em meio às inúmeras metodologias existentes em prospecção, além disso, utiliza-se de ferramentas de análise e conceitos probabilísticos. O autor fornece aos pesquisadores prospectivos “caixa de ferramentas prospectivas”, tais ferramentas são utilizadas e dispostas no trabalho, conforme objetivo e recorte de pesquisa pré-estipulado.

O método prospectivo desenvolvido por Michel Godet insere-se no campo da prospectiva estratégica e tem como objetivo apoiar processos de reflexão estruturada sobre o futuro em contextos caracterizados por elevada incerteza. Diferentemente de abordagens baseadas na previsão determinística, a prospectiva proposta por Godet parte do princípio de que o futuro não é único nem pré-determinado, mas resulta da interação entre múltiplos fatores sociais, tecnológicos, econômicos e políticos, sendo possível influenciá-lo por meio de decisões tomadas no presente Godet (1993) e Godet e Durance (2011).

Nesse contexto, o método de Godet busca identificar as variáveis estruturais que condicionam a evolução de um sistema e explorar diferentes configurações possíveis de futuro. Para o autor, a prospecção deve ser compreendido como representações coerentes e plausíveis de situações futuras, acompanhadas da descrição das trajetórias que permitem compreender como o sistema pode evoluir da situação presente para essas possíveis configurações futuras Godet (1993). A Figura número 19 ilustra os passos sugeridos por Godet.

Figura 19 — Método de Godet



Fonte: Godet e Durance (2011) traduzido por Araujo *et al.* (2022)

6.5 A ESCOLHA DO MÉTODO ADEQUADO

A definição da metodologia constitui uma etapa fundamental em estudos prospectivos, uma vez que o método adotado condiciona a forma de identificação das variáveis relevantes, o tratamento das incertezas e a construção dos cenários futuros. No campo da prospectiva estratégica, diferentes abordagens metodológicas foram desenvolvidas ao longo das últimas décadas com o objetivo de apoiar a tomada de decisão em contextos caracterizados por elevada complexidade e incerteza. Entre as metodologias mais difundidas na literatura destacam-se os modelos propostos por Schwartz, Porter, Grumbach e Godet, os quais apresentam diferenças significativas quanto à estrutura analítica, às ferramentas utilizadas e à forma de interpretação do futuro.

Os estudos prospectivos partem do pressuposto de que o futuro não pode ser compreendido como uma projeção linear do passado, mas sim como um espaço de múltiplas possibilidades resultantes da interação entre fatores sociais, tecnológicos, econômicos e políticos. Nesse sentido, a prospectiva busca ampliar a capacidade de antecipação estratégica das organizações, permitindo a identificação de tendências, rupturas e oportunidades emergentes Godet (1993) e Godet e Durance (2011). Assim, a construção de cenários não se destina à previsão determinística do futuro, mas à exploração estruturada de futuros plausíveis capazes de orientar decisões estratégicas no presente.

Entre as metodologias existentes, o modelo desenvolvido por Peter Schwartz destaca-se pela utilização da chamada lógica intuitiva, que privilegia a construção de narrativas plausíveis sobre o futuro a partir da identificação de forças motrizes e incertezas críticas do ambiente. Embora essa abordagem seja amplamente utilizada no planejamento estratégico organizacional, sua estrutura analítica apresenta caráter predominantemente qualitativo e narrativo, o que pode limitar a capacidade de análise sistemática das relações estruturais entre variáveis complexas Schwartz (2000) e Moritz (2004).

De maneira semelhante, a abordagem proposta por Michael Porter encontra-se fortemente vinculada à análise da estrutura competitiva de setores industriais. O autor utiliza o modelo das cinco forças competitivas para avaliar como transformações econômicas e tecnológicas podem alterar a dinâmica de competição em determinado setor. Apesar de sua relevância para estudos estratégicos de mercado, essa metodologia apresenta escopo analítico mais restrito, uma vez que sua principal unidade de análise é a estrutura industrial e o posicionamento competitivo das organizações Porter (1989).

O método desenvolvido por Raul Grumbach, por sua vez, apresenta uma abordagem prospectiva estruturada voltada à construção de cenários organizacionais. Essa metodologia incorpora técnicas como o método Delphi e a análise de impactos cruzados para apoiar a identificação de eventos relevantes e a construção de cenários alternativos. Contudo, sua estrutura analítica concentra-se principalmente na avaliação de eventos futuros e na elaboração de cenários exploratórios, apresentando menor ênfase na análise sistêmica das relações estruturais entre variáveis e na dinâmica de interação entre atores estratégicos

Grumbach (2005).

Considerando as características dessas abordagens, observa-se que a escolha metodológica deve estar diretamente relacionada à natureza do fenômeno investigado e aos objetivos da pesquisa. No caso da mobilidade aérea urbana, trata-se de um fenômeno emergente que envolve múltiplas dimensões interdependentes, incluindo aspectos tecnológicos, regulatórios, econômicos, operacionais e sociais. Tal característica configura um sistema complexo e multidisciplinar, no qual diferentes variáveis interagem de forma dinâmica e não linear.

Nesse contexto, o método prospectivo desenvolvido por Michel Godet apresenta maior aderência aos objetivos da presente pesquisa. Essa abordagem distingue-se por adotar uma perspectiva sistêmica da análise prospectiva, buscando compreender a estrutura de relações entre variáveis e atores que compõem determinado sistema. Para Godet (1993), a prospectiva estratégica deve ser entendida como um processo de reflexão coletiva sobre o futuro, orientado pela identificação das variáveis estruturais que determinam a evolução de um sistema.

Uma das principais contribuições do modelo de Godet consiste na chamada “caixa de ferramentas da prospectiva”, que reúne um conjunto integrado de métodos analíticos destinados a estruturar o processo de construção de cenários. Entre essas ferramentas destacam-se a análise estrutural (MICMAC) e a análise estratégica de atores (MACTOR), as quais permitem examinar diferentes dimensões do sistema analisado e explorar de forma sistemática as interações entre variáveis e agentes envolvidos Godet e Durance (2011).

A análise estrutural MICMAC permite identificar as variáveis mais influentes dentro do sistema, classificando-as conforme seu grau de motricidade e dependência. Esse procedimento possibilita distinguir variáveis motoras, variáveis dependentes e variáveis de ligação, contribuindo para a compreensão da estrutura dinâmica do sistema estudado. Dessa forma, a análise estrutural constitui um instrumento fundamental para a identificação das variáveis-chave que devem ser consideradas na construção dos cenários prospectivos.

Complementarmente, o método MACTOR permite analisar as estratégias, interesses e relações de poder entre os diferentes atores envolvidos no sistema. Essas ferramentas tornam-se particularmente relevantes em contextos caracterizados pela presença de múltiplos agentes institucionais, como ocorre no

caso da mobilidade aérea urbana, que envolve governos, agências reguladoras, fabricantes, operadores de transporte e instituições de pesquisa. A análise da interação entre esses atores permite compreender como conflitos, alianças e convergências estratégicas podem influenciar a evolução do sistema.

No contexto da presente pesquisa, a utilização integrada dessas ferramentas mostra-se particularmente adequada. A revisão sistemática de literatura realizada no estudo evidenciou que a mobilidade aérea urbana constitui um campo de pesquisa altamente multidisciplinar, envolvendo diferentes áreas de conhecimento e múltiplos fatores de influência. Dessa forma, tornou-se necessário empregar uma metodologia capaz de analisar a interação entre variáveis provenientes de diferentes domínios do sistema, como engenharia, regulamentação e mercado.

Salienta-se que a presente pesquisa utilizará o recorte do método, empregando apenas as ferramentas MICMAC e MACTOR, a literatura aplicada reforça a legitimidade desse recorte. Wijayanto, Fauzi, Rustiadi e Syartinilia (2022), ao estudarem um modelo sustentável de serviços ferroviários urbanos na região metropolitana de Jacarta, empregaram conjuntamente MICMAC e MACTOR para identificar variáveis-chave e atores determinantes do sistema, sem recorrer às demais ferramentas da cadeia prospectiva de Godet. De forma semelhante, Ilhami, Arifin, Pramudya e Kosmaryandi (2024), em pesquisa sobre planejamento do turismo científico sustentável em Bogor, estruturaram sua análise a partir do arranjo MICMAC-MACTOR para articular variáveis críticas e configuração de atores. Esses estudos mostram que a combinação entre as duas ferramentas possui autonomia analítica e pode sustentar investigações robustas em contextos marcados por complexidade sistêmica e pluralidade de interesses, mesmo sem o emprego das demais etapas do método completo de cenários.

Além disso, o método de Godet apresenta importante vantagem metodológica ao permitir a integração entre abordagens qualitativas e quantitativas no processo prospectivo. Essa característica possibilita combinar análise interpretativa com instrumentos analíticos estruturados, aumentando a robustez metodológica do estudo e contribuindo para a geração de cenários mais consistentes.

Outro aspecto relevante refere-se à ampla aplicação do método de Godet em estudos prospectivos voltados à análise de sistemas complexos e inovações tecnológicas emergentes. A literatura demonstra que essa abordagem tem sido

utilizada em diversos setores estratégicos, incluindo energia, transporte, tecnologia e planejamento territorial, reforçando sua adequação para a análise de fenômenos emergentes caracterizados por elevada incerteza.

Assim, considerando a natureza exploratória da pesquisa, a complexidade sistêmica da mobilidade aérea urbana e a necessidade de identificar relações estruturais entre variáveis e atores estratégicos, conclui-se que o método prospectivo de Godet apresenta elevada adequação metodológica para o desenvolvimento do presente estudo.

7.0 ANÁLISE ESTRUTURAL MICMAC

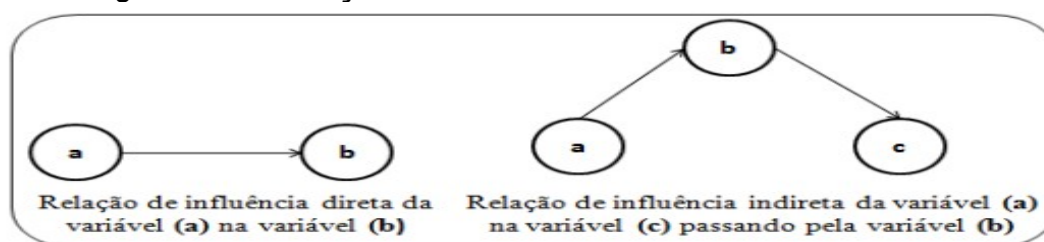
A compreensão das etapas sugeridas pela metodologia é de extrema importância, para o entendimento por completo do método e das escolhas das ferramentas a serem utilizadas no presente trabalho.

Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicação aplicada a Classificação (MICMAC), este método objetiva-se analisar um as variáveis de um sistema-objeto, no caso deste estudo o sistema é composto pela Mobilidade Aérea Urbana, e todas as variáveis externas e internas observadas durante a RSL. De acordo com Souza e Figueroa (2011, p. 3)

O método MICMAC permite uma hierarquização dessas variáveis em função da influência direta e indireta que cada variável exerce sobre outra. Para isso, é necessário que seja feita uma seleção das variáveis consideradas mais importantes para a descrição do sistema.

A investigação das influências diretas e indiretas ocorrem por meio do exemplo da Figura 20, assim, fornecendo uma hierarquização das variáveis diretas e indiretas que cada variável exerce sobre a outra. Assim, qualquer mudança na variável (a) pode impactar a variável (c) de forma indireta, por meio da variável (b), estabelecendo uma relação de influência entre (a) e (c).

Figura 20 — Relação direta e indireta entre variáveis MICMAC



Fonte: Godet (1993), adaptado por Souza e Figueroa (2011)

Outro aspecto a ser observado é a classificação das variáveis, que são:

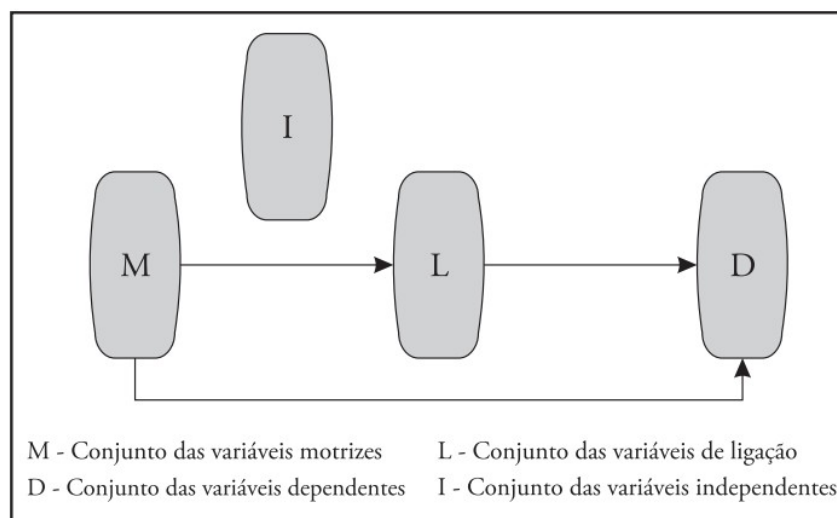
- **Motrizes:** São variáveis determinantes que moldam os eventos futuros. Apresentam alta motricidade, ou seja, exercem grande influência sobre o

sistema, e baixa dependência, sendo pouco afetadas pelo comportamento de outras variáveis.

- Dependentes: São as que sofrem influência das variáveis motrizes, comportamento depende do desempenho das motrizes. Alta dependência e baixa motricidade.
- De Ligação: Variáveis que têm alta motricidade e alta dependência no mesmo tempo, assim sendo, tem a capacidade no mesmo tempo de influenciar e ser influenciada pelo sistema. Sistemas com grandes números de variáveis de ligação tendem a serem instáveis. Tem alta motricidade e alta dependência
- Independentes: São de baixa motricidade e de baixa dependência. Acabam não influenciando o sistema, em alguns casos podem ser desconsideradas na análise.

Os vínculos entre variáveis podem ser observadas na Figura 21.

Figura 21 — Relação entre os tipos de variáveis



Fonte: Vergara e Netto (2007)

Os dados entram através da construção da matriz com valores 0,1,2 ou 3. Os dados entram no sistema em uma matriz de influência do tipo (variável x variável). Os valores numéricos são classificados como:

- 0 – Não existe influência;
- 1 – Influência franca;

2 – Influência moderada;

3 – Influência forte.

Deve-se preencher da linha para a coluna na qual é indicada a influência que a variável da linha exerce nas variáveis das colunas, destaca-se que a diagonal principal sempre é nula, pois não deve-se considerar a influência da variável sobre ela mesma.

Buscando identificar as relações de influências diretas no sistema, soma-se os valores das linhas e colunas, o valor das linhas indica a força desta variável exerce sobre o sistema, assim sendo, quanto maior o valor, maior a motricidade da variável. Já o valor das colunas indica o grau de dependência da variável, portanto, quanto maior o valor, maior é a influência que a variável recebe do sistema.

Estabelece-se os pontos médios de motricidade (PM), fornecidos pela média entre o maior valor da motricidade (VM) e o menor valor da motricidade (vM), indicado na equação número 1. O peso da PM definirá o limite entre o que é motricidade alta (número acima de PM) e motricidade baixa (números abaixo de PM). Do mesmo modo o ponto médio de dependência (PD), é dado pela média do maior valor de dependência (VD) e pelo menor valor de dependência (vD), indicado na equação 2. Assim, o valor (PD), definirá o limite entre o que se define dependência alta (valores acima de PD), e dependência baixa (valores abaixo de PD).

$$PM = \frac{VM + vM}{2} \quad \text{Equação 1: Ponto Médio de Motricidade}$$

$$PD = \frac{VD + vD}{2} \quad \text{Equação 2: Ponto médio de Dependência}$$

Variáveis com valores de motricidade acima do ponto médio de motricidade são consideradas de alta motricidade e variáveis com valores abaixo do ponto de motricidade são consideradas de baixa motricidade. Da mesma forma, para as variáveis com dependência. Vergara (2007).

Por fim, a classificação das variáveis em motrizes, por meio do mapa de motricidade/dependência, ao ser observado na Figura 22.

A classificação é apresentada por quadrante é dada como:

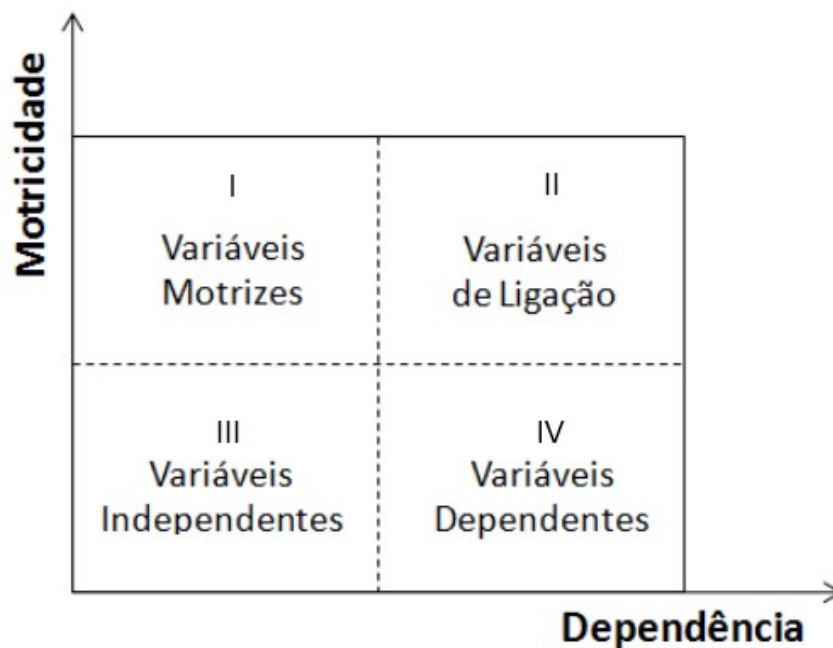
Quadrante 1: Motrizes

Quadrante 2: Ligação

Quadrante 3: Independentes

Quadrante 4: Dependentes

Figura 22 — Mapa de Motricidade



Fonte: Souza e Figueroa (2011), adaptado por Iarozinshi (2007)

Visando a verificação das influências indiretas, realiza-se sucessivas multiplicações da matriz de influência direta por ela mesma, até quando a sequência de ordenamento das variáveis (classificação por motricidade e dependência), permaneça estável e não se altere. Para classificar as variáveis, deve-se seguir o mesmo procedimento.

Com os resultados da influência direta e indireta em mãos, analisa-se o comportamento das variáveis em ambas as situações. Essa análise ocorre por meio da comparação entre os mapas de influência e dependência direta e indireta.

A comparação das classificações direta e indireta permite confrontar as hierarquias das variáveis, possibilitando a reavaliação de sua importância no sistema em estudo. Além disso, essa análise confirma a relevância de determinadas variáveis e revela outras, inicialmente consideradas pouco significativas, mas que, por meio de

influências indiretas, podem desempenhar um papel fundamental no funcionamento do sistema.

O método em si utiliza-se de um software (MicMac) desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Estratégia Prospectiva e Organizacional (LISPOR, 2004). O centro de pesquisa está ligado ao Departamento de Prospectiva industrial e ao Departamento de Desenvolvimento de Sistemas Organizacionais do *Conservatoire National des Arts et Métiers* (CNAM), Paris, França.

Salienta-se que, Embora as ferramentas da prospectiva estratégicas propostas por Michel Godet apresentem estrutura analítica formalizada e apoio computacional, sua aplicação envolve necessariamente a interpretação e o julgamento do pesquisador responsável pela análise. Dessa forma, os resultados obtidos por meio de instrumentos como MICMAC e MACTOR não devem ser interpretados como conclusões estritamente determinísticas, mas sim como construções analíticas baseadas em avaliações qualitativas e quantitativas realizadas pelos analistas envolvidos no processo prospectivo.

No caso da análise estrutural MICMAC, a construção da matriz de influências diretas entre variáveis depende da atribuição de valores que representam o grau de influência de uma variável sobre outra. Essa atribuição é realizada a partir da avaliação de especialistas ou do pesquisador responsável pela análise, os quais devem interpretar as relações causais existentes no sistema estudado. Assim, ainda que a ferramenta utilize cálculos matemáticos para identificar variáveis motrizes e dependentes, a estrutura inicial da matriz de influência é definida com base no julgamento humano acerca das relações entre os elementos do sistema. Nesse sentido, a análise estrutural deve ser compreendida como um instrumento de apoio à reflexão coletiva e não como um procedimento puramente objetivo Godet e Durance (2011).

De maneira semelhante a ferramenta MACTOR, destinada à análise das estratégias dos atores, baseia-se na interpretação das posições, interesses e relações de poder entre os diferentes agentes envolvidos em determinado sistema. A identificação dos atores relevantes, bem como a avaliação de seus objetivos estratégicos e de suas convergências ou divergências, depende da análise interpretativa realizada pelo pesquisador ou por especialistas que participam do estudo. Assim, a construção das matrizes de influência entre atores e objetivos

estratégicos envolve avaliações que refletem percepções e interpretações do grupo responsável pela análise prospectiva Arcade *et al.* (1992).

Dessa forma, a prospectiva estratégica deve ser compreendida como um processo de construção coletiva de conhecimento sobre o futuro, nos quais ferramentas analíticas estruturadas são utilizadas para organizar e sistematizar percepções e hipóteses formuladas pelos analistas. Nesse contexto, as ferramentas MICMAC e MACTOR funcionam como instrumentos que estruturam o raciocínio prospectivo, permitindo reduzir a complexidade do sistema e explorar diferentes possibilidades de evolução futura, ainda que seus resultados permaneçam dependentes das interpretações e julgamentos realizados durante o processo de análise.

Consequentemente, os resultados gerados a partir dessas ferramentas não devem ser interpretados como previsões exatas do futuro, mas como representações plausíveis construídas a partir de hipóteses analíticas e do conhecimento disponível no momento da pesquisa. Essa característica constitui uma das premissas fundamentais da prospectiva estratégica, que busca ampliar a capacidade de reflexão sobre o futuro sem assumir a existência de um único resultado inevitável.

7.1 ENTRADA DE DADOS, APLICAÇÃO E RESULTADOS MICMAC

Espera-se por meio da análise estrutural mapear os principais fatores estratégicos que moldam o desenvolvimento do setor, destacando os elementos-chave que exercem maior influência sobre os demais e os que são mais sensíveis a mudanças no sistema. Os resultados permitirão uma melhor compreensão da complexidade do cenário e subsidiarão a construção de cenários mais robustos. O Quadro 6 representa as variáveis do campo de pesquisa engenharia e regulação, obtidas durante a aplicação da RSL, a serem analisados durante a aplicação do método a ser realizada. Em resumo as etapas aplicadas são exemplificadas no Quadro 6.

Quadro 6 — Etapas MICMAC

Etapas	Descrição da etapa	Entradas (inputs)	Saídas (outputs)
Delimitação do sistema	Definição do escopo da análise, do horizonte temporal e dos limites do sistema estudado.	Tema de pesquisa; objetivo do estudo; recorte temporal e espacial.	Sistema analítico claramente delimitado.
Identificação das variáveis	Levantamento e seleção das variáveis relevantes que compõem o sistema.	Revisão bibliográfica; documentos técnicos; relatórios setoriais; julgamento de especialistas.	Lista consolidada de variáveis do sistema.
Definição conceitual das variáveis	Elaboração das descrições e significados operacionais de cada variável.	Lista de variáveis identificadas.	Quadro explicativo das variáveis (definições).
Construção da matriz de influências diretas	Avaliação das relações de influência entre pares de variáveis ($i \rightarrow j$).	Lista e definições das variáveis; escala de intensidade (ex.: 0–3).	Matriz de influências diretas preenchidas.
Justificação das interações	Registro qualitativo das razões que fundamentam cada interação atribuída na matriz.	Matriz de influências diretas; conhecimento técnico e teórico.	Quadro “Interação × Justificativa”.
Cálculo das influências e dependências	Processamento da matriz para obtenção dos níveis de influência e dependência de cada variável.	Matriz de influências diretas.	Valores agregados de influência e dependência.
Classificação das variáveis	Classificação das variáveis em motrizes, dependentes, de ligação e autônomas.	Resultados de influência e dependência.	Tipologia estrutural das variáveis.
Análise estrutural do sistema	Interpretação do papel de cada variável e da dinâmica global do sistema.	Classificação das variáveis; matriz analisada.	Diagnóstico estrutural do sistema.
Síntese e implicações estratégicas	Extração de implicações analíticas, prospectivas ou estratégicas a partir dos resultados.	Análise estrutural consolidada.	Conclusões metodológicas e subsídios à decisão.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

O Quadro 7 apresenta o conjunto de variáveis selecionadas para a análise do sistema de mobilidade aérea urbana, constituindo a base estrutural das etapas analíticas subsequentes. A identificação e a descrição dessas variáveis resultam de um processo de síntese teórica e metodológica, apoiado na literatura especializada e nos resultados da RSL, de modo a representar as principais dimensões técnicas, operacionais, institucionais, econômicas e sociais associadas ao conceito analisado.

As variáveis elencadas refletem os fatores considerados mais relevantes para a evolução do sistema no horizonte temporal adotado (2035+), permitindo capturar

tanto os elementos passíveis de influência direta pelos atores envolvidos quanto aqueles condicionados por decisões regulatórias, políticas públicas e percepções sociais. Sua organização em variáveis internas e externas possibilita distinguir os graus de controle e de incerteza associados a cada dimensão, contribuindo para uma leitura sistêmica e integrada do problema.

A importância desse quadro reside no fato de que as variáveis selecionadas funcionam como pilares analíticos para a aplicação dos métodos prospectivos adotados ao longo do estudo. Elas fundamentam a análise das interações estruturais, orientam a identificação dos interesses e estratégias dos atores e, posteriormente, delimitam o espaço de hipóteses utilizado na construção da caixa morfológica e dos cenários prospectivos. Dessa forma, a Quadro 7 não apenas descreve o sistema, mas estabelece o enquadramento conceitual necessário para compreender os resultados apresentados nas etapas seguintes da pesquisa.³

³As abreviaturas das variáveis apresentadas nas matrizes e mapas do software também foram reunidas na Lista de Abreviaturas e Siglas, a fim de facilitar a consulta pelo leitor.

Quadro 7 — Variáveis MICMAC

Variável	Descrição sintética	Justificativa para inclusão	Referências
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	Grau de maturidade dos sistemas aeronáuticos, incluindo propulsão, aerodinâmica, controle, manutenção e integração de subsistemas.	Variável estruturante do sistema, condiciona a viabilidade técnica, os custos, os processos de certificação e a evolução operacional da Mobilidade Aérea Urbana.	Cohen, Shaheen e Farrar (2021); Garrow et al. (2021); Babetto et al. (2023)
Autonomia das aeronaves	Capacidade energética disponível para o voo, determinando alcance, duração e margens de segurança operacional.	Fator crítico que influencia o desenho das rotas, a necessidade de infraestrutura de recarga e a viabilidade econômica do serviço.	Qiao et al. (2023); Connors et al. (2020); Sadrani et al. (2025)
Infraestrutura e vertipostos	Existência, distribuição e capacidade de vertipostos, estações de recarga e sistemas associados à operação urbana.	Materializa fisicamente o sistema e condiciona sua escalabilidade territorial, eficiência operacional e integração com o espaço urbano.	Schweiger e Preis (2022); Volakakis e Mahmassani (2024); Di Mascio et al. (2025)
Capacidade de operações em condições adversas	Habilidade do sistema de operar com segurança sob condições meteorológicas desfavoráveis ou cenários de contingência.	Determina a confiabilidade do serviço, a regularidade das operações e a percepção de segurança por parte do público e das autoridades regulatórias.	Bonin et al. (2023); Reiche et al. (2018); Connors et al. (2020)
Aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais	Percepção social da Mobilidade Aérea Urbana, envolvendo segurança, impacto ambiental, ruído, privacidade e uso do espaço urbano.	Condiciona a obtenção da chamada “licença social para operar” e pode restringir ou inviabilizar a expansão do sistema.	Çetin et al. (2022); EASA (2021); Babetto et al. (2023)
Incentivos fiscais e financiamento	Disponibilidade de políticas de fomento, subsídios, crédito e mecanismos de financiamento ao setor.	Essencial para viabilizar investimentos de longo prazo em tecnologia, infraestrutura e operações.	European Investment Bank – EIB (2022); Cohen, Shaheen e Farrar (2021); Sadrani et al. (2025)
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	Adoção de operações sem piloto e definição de sistemas de gestão e integração do tráfego aéreo urbano.	Impacta diretamente os custos operacionais, a escalabilidade do sistema e a complexidade regulatória.	FAA (2023); Thippavong et al. (2020); Qu et al. (2023); Mathur et al. (2019)
Normas de certificação	Essa variável incorpora questionamentos centrais ao sistema, tais como a capacidade das autoridades de certificarem novas arquiteturas aeronáuticas, os prazos associados a esses processos e os limites operacionais impostos, elementos que podem acelerar ou retardar significativamente a consolidação da mobilidade aérea urbana.	Define os limites formais de operação, garantindo segurança, previsibilidade institucional e confiança sistêmica no ecossistema da MAU.	Cardoso, Oliveira e Godoy (2022); FAA (2024); EASA SC-VTOL

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Para a construção da matriz, presente na Tabela 1, utilizou-se uma escala ordinal de zero a três, destinada a representar o grau de influência direta exercida por uma variável i sobre outra variável j . Conforme Quadro 8 Essa escala não expressa intensidade quantitativa, mas sim o nível qualitativo de influência causal direta, conforme descrito a seguir:

Quadro 8 — Classificação de influência

Valor	Nível de Influência	Definição
0	Nula / Inexistente	A variável i não exerce nenhuma influência direta sobre a variável j .
1	Fraca	A variável i exerce uma influência leve ou pouco significativa sobre a variável j .
2	Moderada	A variável i exerce uma influência notável ou média sobre a variável j .
3	Forte	A variável i exerce uma influência determinante, crítica ou vital sobre a variável j .

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Com base nessa escala, cada interação entre as variáveis foi analisada individualmente, considerando-se a natureza da relação, os mecanismos envolvidos e o papel estrutural de cada variável no sistema. A atribuição dos valores buscou refletir exclusivamente influências diretas, evitando a incorporação de efeitos indiretos ou mediatos, os quais são tratados nas etapas posteriores da análise.

A título de exemplificação, entendeu-se que o desenvolvimento tecnológico das aeronaves exerce influência forte sobre a autonomia das aeronaves, uma vez

que avanços em propulsão, densidade energética das baterias e eficiência aerodinâmica são determinantes para o aumento do alcance e da duração do voo, nesse caso, atribuiu-se o valor 3 à interação.

Por outro lado, a influência do desenvolvimento tecnológico das aeronaves sobre as normas de certificação foi considerada moderada, uma vez que, embora inovações tecnológicas possam pressionar por adaptações regulatórias, os processos de certificação permanecem condicionados a critérios institucionais e decisões das autoridades competentes. Assim, essa interação foi classificada com o valor 2.

Dessa forma, a matriz de influências diretas reflete uma representação estruturada das interdependências do sistema, servindo como base para o cálculo da motricidade e da dependência das variáveis e para a interpretação dos resultados obtidos nas etapas subsequentes do método.

Tabela 1 — Grau de Influências

	1 : DSV	2 : auto	3 : infravert	4 : opera	5 : Aceitação	6 : Fisca	7 : Padro voo	8 : certi
1 : Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	0	3	3	3	2	3	3	2
2 : Autonomia das aeronaves	3	0	3	3	3	2	3	1
3 : Infraestruturas e Vertiporto	2	3	0	2	3	2	3	2
4 : Capacidade de voo em operações adversas	3	2	3	0	1	1	2	1
5 : Aceitação Públicas, privacidade ruído, e aspectos ambientais	2	2	2	2	0	1	3	1
6 : Incentivo Fiscais	3	3	3	1	1	0	2	0
7 : Voos autônomos e padrões de tráfego	2	2	2	2	3	2	0	2
8 : Normas de certificação	3	3	3	3	2	2	3	0

© UFSO-EPITACIMAC

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

As justificativas associadas a todas as interações entre as variáveis do sistema podem ser encontradas no Apêndice A, conforme representadas na matriz de influências diretas. Para cada par variável–variável, explicita-se o raciocínio adotado na atribuição do grau de influência, com base nas características técnicas, operacionais, institucionais e socioeconômicas envolvidas. Esse detalhamento tem por objetivo garantir transparência ao processo de entrada de dados no método,

permitindo ao leitor compreender os critérios utilizados na classificação das interações e facilitando a rastreabilidade dos julgamentos realizados ao longo da análise estrutural.

Selecionados os graus de influência, é possível obter os resultados da análise. A Tabela 2 representa o grau de motricidade (linhas) e de dependência (colunas) de cada variável, apresentando os dados em valores absolutos e em porcentagem. Segundo Godet (2007), a análise estrutural classifica as variáveis com base em dois indicadores fundamentais: o grau de motricidade, que mede a capacidade de uma variável influenciar ou impulsionar as demais, atuando como um vetor de mudança no sistema; e o grau de dependência, que reflete a sensibilidade ou subordinação dessa variável em relação às alterações ocorridas nas outras, indicando o quanto ela é um resultado das dinâmicas do sistema.

Os valores de motricidade e dependência apresentados na Tabela 2 são gerados pelo software MICMAC a partir do tratamento matricial das interações diretas entre as variáveis do sistema. Inicialmente, o método utiliza a matriz de influências diretas, construída com base na avaliação qualitativa e quantitativa das relações de influência entre pares de variáveis, normalmente expressas em uma escala discreta de intensidade.

A motricidade de cada variável é calculada a partir da soma ponderada das influências que essa variável exerce sobre as demais, correspondendo, portanto, à agregação dos valores de sua linha na matriz de influências diretas. Esse procedimento reflete a capacidade potencial de uma variável atuar como elemento indutor de mudanças no sistema.

De forma complementar, a dependência é obtida pela soma ponderada das influências que uma variável recebe das demais, sendo calculada a partir da agregação dos valores de sua coluna na mesma matriz. Esse indicador expressa o grau em que o comportamento de uma variável é condicionado pelas dinâmicas do sistema.

O software MICMAC procede, em seguida, à normalização e ao tratamento algébrico desses valores, permitindo a comparação relativa entre as variáveis e sua representação no plano influência $\times$ dependência. Esse processamento assegura a coerência interna da análise e viabiliza a identificação das estruturas dominantes do

sistema.

Tabela 2 — Motricidade e DEPENDÊNCIA

Nº	VARIÁVEL	VALOR DAS LINHAS (MOTRICIDADE)	VALOR DAS COLUNAS (DEPENDÊNCIA)
1	Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	19 (14,96%)	18 (14,17%)
2	Autonomia das aeronaves	18 (14,17%)	18 (14,17%)
3	Infraestruturas e Vertiporto	17 (13,39%)	19 (14,96%)
4	Capacidade de voo em operações adversas	13 (10,24%)	16 (12,60%)
5	Aceitação Públicas, privacidade ruído, e aspectos ambientais	13 (10,24%)	15 (11,86%)
6	Incentivo Fiscais	13 (10,24%)	13 (10,24%)
7	Voos autônomos e padrões de tráfego	15 (11,81%)	19 (14,96%)
8	Normas de certifica	19 (14,96%)	9 (7,09%)
	Total	127 (100%)	127 (100%)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Os quadrantes representam o mapa com o comportamento das variáveis no sistema analisado. Recorda-se que o comportamento pode ser dividido em quatro possibilidades.

- Quadrante esquerdo superior: Variáveis motrizes
- Quadrante esquerdo inferior: Variáveis independentes
- Quadrante direito superior: Variáveis de ligação
- Quadrante direito inferior: Variáveis dependentes

A análise conjunta da Tabela 2 que sintetiza os níveis de motricidade e dependência das variáveis, e do mapa de comportamento apresentado na Figura 23, permite compreender de forma integrada a estrutura e a dinâmica do sistema analisado. Enquanto a tabela oferece uma leitura quantitativa da capacidade de influência e dependência de cada variável, o mapa de comportamento explicita graficamente a posição relativa dessas variáveis no plano influência × dependência.

No mapa de comportamento, observa-se que as variáveis normas de certificação e incentivos fiscais localizam-se na região de alta influência e baixa dependência. Essa posição, coerente com os elevados valores de motricidade

apresentados na Tabela 2, indica que tais variáveis desempenham papel estruturante no sistema, sendo capazes de condicionar de forma significativa a evolução das demais dimensões analisadas. Alterações nesses elementos tendem, portanto, a produzir impactos sistêmicos amplos.

As variáveis desenvolvimento tecnológico das aeronaves, autonomia das aeronaves e infraestrutura e vertiportos posicionam-se na região de alta influência e alta dependência do mapa de comportamento. A correspondência dessa posição com os elevados níveis simultâneos de motricidade e dependência observados na Tabela 2 caracteriza essas dimensões como variáveis de ligação. Seu papel central evidencia elevada interdependência estrutural, indicando que atuam como elementos de articulação entre os aspectos tecnológicos, operacionais e regulatórios do sistema, ao mesmo tempo em que permanecem sensíveis às mudanças nas variáveis estruturantes.

Na região de baixa influência e alta dependência do mapa de comportamento concentram-se as variáveis voos autônomos e padrões de tráfego aéreo e capacidade de operações em condições adversas. Conforme indicado pelos elevados níveis de dependência apresentados na Tabela 2, essas variáveis configuram-se como predominantemente resultantes do funcionamento do sistema, refletindo os efeitos das decisões e do desempenho das variáveis motrizes e de ligação.

Por fim, a variável aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais posiciona-se na região de baixa influência e baixa dependência do mapa de comportamento. Essa localização é consistente com os baixos valores de motricidade e dependência apresentados na Tabela 2, caracterizando-a como variável autônoma do ponto de vista estrutural. Embora apresente interação técnica direta limitada, sua relevância permanece significativa quando considerada sob a ótica da viabilidade social e da legitimidade do sistema.

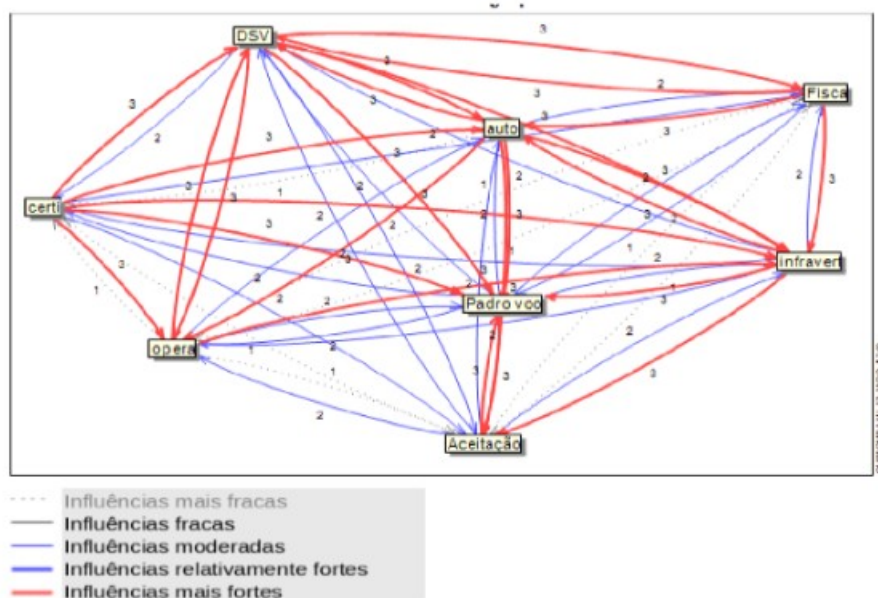
tecnológicas e operacionais, refletindo elevada interdependência estrutural.

Por outro lado, as variáveis voos autônomos e padrões de tráfego aéreo e capacidade de operações em condições adversas apresentam predominância de conexões de entrada no grafo de influências diretas. Essa configuração indica maior dependência em relação às demais variáveis, uma vez que seu comportamento é fortemente condicionado pelas decisões regulatórias, tecnológicas e infraestruturais representadas no sistema.

A variável aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais, por sua vez, apresenta número reduzido de conexões diretas, situando-se de forma mais periférica no grafo. Essa posição sugere que, embora possua relevância contextual e social, sua influência direta sobre as demais variáveis do sistema é limitada no horizonte analítico considerado.

Assim, o grafo de influências diretas permite visualizar de forma clara a hierarquia inicial das interações sistêmicas, servindo como base para a análise subsequente das influências indiretas e para a consolidação dos níveis de motricidade e dependência.

Figura 24 — Grafo de Influência Indireta



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Os resultados da influência direta geram os dados das influências indiretas, em que se considera a influência indireta entre duas variáveis através de uma ou mais variáveis. A Tabela 3 demonstra a influência indireta após as interações.

A tabela de influências indiretas é gerada pelo software MICMAC a partir do tratamento matemático da matriz de influências diretas, com o objetivo de identificar relações estruturais que não se manifestam de forma imediata, mas que emergem dos encadeamentos entre as variáveis do sistema.

Enquanto a matriz de influências diretas registra apenas os efeitos exercidos de uma variável sobre outra de maneira explícita, a análise das influências indiretas considera os caminhos intermediários pelos quais uma variável pode impactar outra por meio de uma ou mais variáveis interpostas.

Para esse fim, o MICMAC realiza a potenciação sucessiva da matriz inicial de influências diretas, calculando influências de segunda, terceira e ordens superiores. Cada potenciação permite captar novos encadeamentos causais, revelando efeitos cumulativos que não são imediatamente observáveis na matriz original.

O software agrega essas influências indiretas de forma controlada, aplicando procedimentos de estabilização que evitam a superestimação de relações espúrias. O resultado é uma matriz consolidada que expressa a intensidade estrutural das interações indiretas entre as variáveis.

A partir dessa matriz, são recalculados os níveis de motricidade e dependência indiretas, possibilitando a comparação entre a estrutura visível do sistema, baseada nas influências diretas, e sua estrutura latente, revelada pelas influências indiretas.

Dessa forma, a tabela de influências indiretas amplia a compreensão da dinâmica sistêmica, permitindo identificar variáveis cujo papel estratégico não se evidencia nas interações diretas, mas se manifesta de maneira significativa por meio de cadeias de influência ao longo do sistema.

Tabela 3 – Influência Indireta

	1 : DSV	2 : auto	3 : infravert	4 : opera	5 : Aceitação	6 : Fisca	7 : Padro voo	8 : certi
1 : Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	160145	161733	169421	147610	144278	124087	172034	92147
2 : Autonomia das aeronaves	151836	152774	160293	139470	136419	117102	162524	86850
3 : Infraestruturas e Vertiporto	145481	146791	153683	133689	130813	112408	155962	83522
4 : Capacidade de voo em operações adversas	118838	119306	125283	108637	106137	91093	126813	67536
5 : Aceitação Públicas, privacidade de ruído, e aspectos ambientais	115096	115914	121496	105556	103056	88574	123247	65698
6 : Incentivo Fiscais	118156	118735	124573	107994	105470	90563	126118	67166
7 : Voos autônomos e padrões de tráfego	129688	130712	137024	119278	116878	100329	138897	74551
8 : Normas de certificação	163004	164231	172115	149656	146291	125680	174565	93275

© LIPSOR-EPITA-MICMAC

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Os procedimentos a serem realizados para as influências indiretas, são as mesmas realizadas nas diretas. As Tabelas a seguir demonstram o valor das motricidades e dependências em valores totais e porcentagens. Sendo na Tabela 4 os valores absolutos e Tabela 5 valores por porcentagem.

A análise das influências indiretas, sintetizada na Tabela 4 e representada graficamente na Figura 25 (mapa de comportamento das influências indiretas) Figura 26 (grafo de influências indiretas) e permite aprofundar a compreensão da estrutura latente do sistema, revelando relações que não se manifestam de forma imediata nas interações diretas.

A Tabela 4 evidencia que as variáveis normas de certificação e incentivos fiscais mantêm elevados níveis de motricidade indireta, confirmando seu papel estruturante mesmo quando considerados os encadeamentos sistêmicos de segunda e terceira ordem. Esse resultado indica que a influência dessas variáveis se propaga ao longo do sistema por meio de múltiplas cadeias de interação, impactando indiretamente dimensões como autonomia das aeronaves, voos autônomos e padrões de tráfego aéreo e capacidade de operações em condições adversas.

No grafo de influências indiretas apresentado na Figura 26, observa-se o adensamento das conexões associadas às variáveis desenvolvimento tecnológico das aeronaves, infraestrutura e vertiportos e autonomia das aeronaves. Essas variáveis passam a ocupar posições mais centrais no grafo, evidenciando seu papel

como vetores de transmissão das influências estruturantes oriundas do arcabouço regulatório e fiscal.

A comparação entre os grafos de influências diretas e indiretas revela, ainda, o fortalecimento de cadeias de influência que conectam normas de certificação e incentivos fiscais às variáveis operacionais por meio das dimensões tecnológicas e infraestruturais. Tal configuração confirma a existência de uma arquitetura sistêmica na qual os efeitos regulatórios e institucionais se manifestam de forma mediada, mas persistente.

O mapa de comportamento das influências indiretas, apresentado na Figura 25, reforça essa leitura ao evidenciar o deslocamento de algumas variáveis em relação ao mapa baseado apenas em influências diretas. As variáveis desenvolvimento tecnológico das aeronaves, autonomia das aeronaves e infraestrutura e vertiportos consolidam-se na região de alta influência e alta dependência, caracterizando-se como variáveis de ligação centrais para a dinâmica de longo prazo do sistema.

As variáveis voos autônomos e padrões de tráfego aéreo e capacidade de operações em condições adversas permanecem posicionadas em regiões de elevada dependência no mapa indireto, indicando que, mesmo quando considerados os efeitos sistêmicos de maior ordem, essas dimensões continuam fortemente condicionadas pelas variáveis estruturantes e de ligação.

Por sua vez, a variável aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais mantém posição relativamente periférica no mapa de influências indiretas, sugerindo que seu impacto estrutural permanece limitado, embora possa assumir relevância estratégica em análises complementares de natureza social, política ou institucional.

De forma geral, a incorporação das influências indiretas amplia a robustez da análise estrutural, permitindo identificar não apenas as relações explícitas entre as variáveis, mas também os mecanismos de propagação que sustentam a dinâmica sistêmica ao longo do tempo.

Tabela 4 — Valores absolutos motricidade e dependência

N.º	Variáveis	Valor das linhas (Motricidade)	Valor das colunas (Dependência)
1	Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	1171455	1102244
2	Autonomia das aeronaves	1107268	1110196
3	Infraestruturas e Vertiporto	1062349	1163888
4	Capacidade de voo em operações adversas	863643	1011890
5	Aceitação Pública, privacidade ruído e aspectos ambientais	838637	989342
6	Incentivo Fiscais	858775	849836
7	Voos autônomos e padrões de tráfego	947357	1180160
8	Normas de certifica	1188817	630745

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

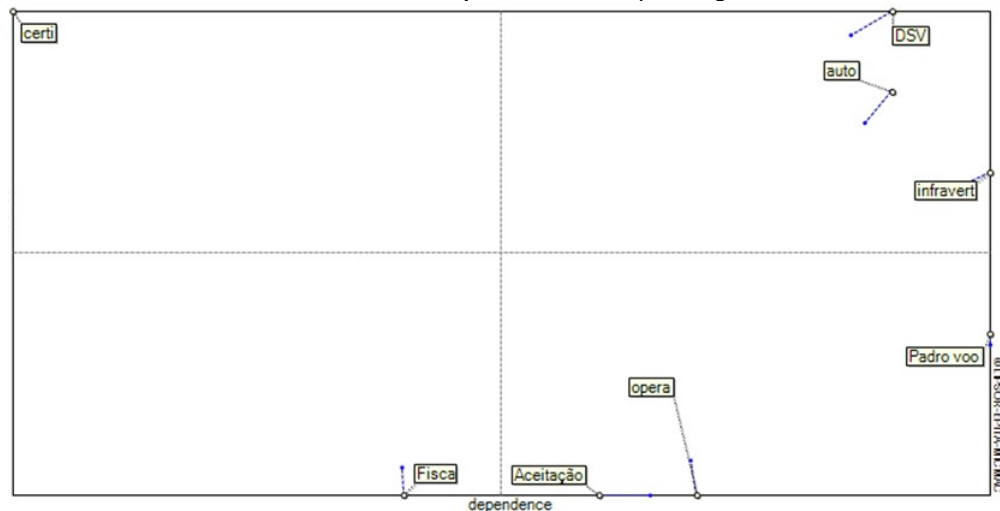
Tabela 5 — Valores em percentagem motricidade e dependência

Variável	% Número total de Linhas (Motricidade)	% Número total de Colunas (Dependência)
Normas de certificação	14.79%	14.68%
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	14.57%	14.48%
Autonomia das aeronaves	13.77%	13.81%
Infraestruturas e Vertiporto	13.22%	13.71%
Voos autônomos e padrões de tráfego	11.79%	12.59%
Incentivo Fiscais	10.74%	12.31%
Capacidade de voo em operações adversas	10.68%	10.57%
Aceitação Públicas, privacidade ruído, e aspectos ambientais	10.43%	7.85%

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Figura 25, representa o deslocamento das variáveis em deslocamento, considerando a situação de influência direta (ponto no qual se encontra o rótulo) para a situação indireta (extremidade da linha)

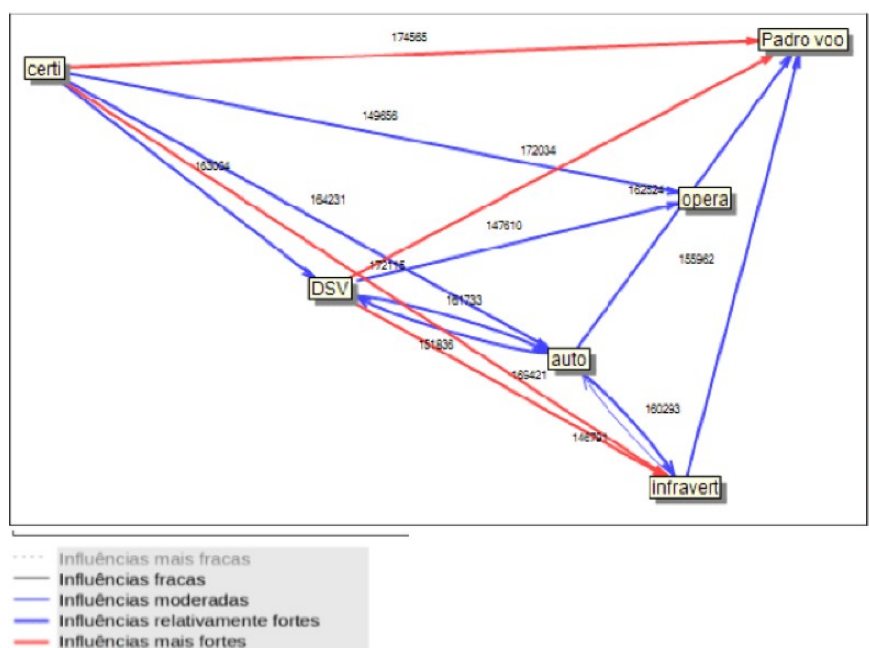
Figura 25 — Deslocamento de comportamento (situação de influência direta)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Figura 26 expõe o grafo com as relações de influência indireta com as 25% das variáveis mais fortes. Pode-se observar a ausência de algumas influências como Fiscal e Aceitação, variáveis consideradas de baixa motricidade, também é possível observar as variáveis Desenvolvimento Tecnológico das Aeronaves e Certificação, gerando bastante influência em outras variáveis.

Figura 26 — Grafo de relações influências indiretas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

As ligações representadas em verde indicam variáveis que apresentaram ganho de posição na classificação estrutural ao se considerar as influências indiretas, enquanto as ligações em vermelho sinalizam perda de posição. A ausência de ligação associada a determinada variável indica estabilidade classificatória, ou seja, inexistência de variação relevante entre sua posição nas análises direta e indireta.

A análise conjunta das Figuras 27 e 28, que apresentam a classificação das variáveis segundo os níveis de motricidade e dependência considerando as influências diretas e indiretas, permite um aprofundamento interpretativo sobre o papel estrutural de cada dimensão no sistema analisado. Observa-se, de forma geral, que a incorporação das influências indiretas não altera substancialmente a hierarquia estrutural do sistema, o que indica estabilidade das relações de influência e baixa retroalimentação difusa, característica de um sistema relativamente linear e fortemente hierarquizado.

Nesse contexto, observa-se que o desenvolvimento tecnológico das aeronaves apresenta elevada motricidade tanto na análise direta quanto indireta, consolidando-se como uma das principais variáveis estruturantes do sistema. Essa posição decorre de seu caráter transversal, uma vez que avanços tecnológicos condicionam

diretamente a viabilidade operacional, os requisitos de certificação, a necessidade de infraestrutura, a autonomia das aeronaves e os próprios conceitos de voo. Ao mesmo tempo, essa variável também apresenta elevada dependência, o que reflete sua sensibilidade às normas de certificação, à disponibilidade de incentivos fiscais e às condições infraestruturais, caracterizando-a como variável de ligação e evidenciando seu papel simultâneo de indutora e receptora das dinâmicas sistêmicas.

As normas de certificação, por sua vez, apresentam elevada motricidade e baixa dependência em ambas as tabelas analisadas, configurando-se de forma consistente como variável motriz do sistema. Essa posição estrutural pode ser explicada pelo caráter normativo e hierárquico da certificação aeronáutica, que estabelece limites, requisitos e permissões para o desenvolvimento tecnológico, a operação e a implantação de infraestrutura. A baixa dependência observada indica que os processos certificatórios respondem mais a marcos institucionais, acordos internacionais e decisões regulatórias do que às dinâmicas internas do sistema técnico, o que explica a manutenção de sua centralidade mesmo quando considerados os encadeamentos indiretos.

De maneira semelhante, os incentivos fiscais apresentam elevada motricidade e reduzida dependência, sendo classificados como variável motriz nas análises direta e indireta. Essa posição decorre do fato de que instrumentos fiscais e financeiros atuam como catalisadores do desenvolvimento tecnológico, da implantação de infraestrutura e da viabilização econômica do sistema, influenciando diversas variáveis de forma simultânea. A reduzida dependência dessa dimensão pode ser explicada por sua vinculação a decisões políticas e estratégicas externas ao sistema analisado, associadas a prioridades macroeconômicas, industriais ou geopolíticas, o que limita sua retroalimentação pelas demais variáveis.

A autonomia das aeronaves ocupa posição central no sistema, apresentando simultaneamente elevados níveis de motricidade e dependência e sendo classificada como variável de ligação. Essa posição reflete o fato de que a autonomia influencia diretamente a viabilidade operacional, o alcance das missões e o desenho da infraestrutura, ao mesmo tempo em que depende fortemente do nível de desenvolvimento tecnológico, dos requisitos certificatórios e das condições infraestruturais disponíveis. A estabilidade dessa classificação entre as influências

diretas e indiretas indica que a autonomia atua como elemento-chave de articulação sistêmica, funcionando como elo entre capacidades técnicas e possibilidades operacionais.

No que se refere à infraestrutura e aos vertiportos, observa-se elevada dependência e motricidade intermediária, o que consolida essa variável como de ligação, com forte caráter resultante. A implantação de infraestrutura depende de decisões prévias relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, aos conceitos de operação e ao enquadramento regulatório. Contudo, uma vez estabelecida, a infraestrutura passa a exercer influência relevante sobre a autonomia operacional, a capacidade de operação em condições adversas e a própria expansão do sistema, o que explica sua elevada interdependência e posição central nos grafos e mapas de comportamento.

As variáveis relacionadas aos voos autônomos e aos padrões de tráfego aéreo apresentam baixa motricidade e elevada dependência, sendo classificadas como variáveis dependentes tanto na análise direta quanto indireta. Essa posição indica que os padrões operacionais e o grau de autonomia emergem como consequência da maturação tecnológica, regulatória e infraestrutural do sistema, refletindo mais os efeitos acumulados das decisões estruturantes do que atuando como fatores indutores da evolução sistêmica. Mesmo quando considerados os encadeamentos indiretos, observa-se que essa variável permanece fortemente condicionada pelas demais, reforçando seu caráter resultante.

De forma análoga, a capacidade de operações em condições adversas também se classifica como variável dependente, apresentando elevada dependência e motricidade reduzida. Essa posição estrutural pode ser explicada pelo fato de que a capacidade de operar em ambientes adversos depende diretamente do nível de maturidade tecnológica, da robustez da infraestrutura e dos requisitos certificatórios estabelecidos. Trata-se, portanto, de uma variável que expressa o desempenho e a confiabilidade alcançados pelo sistema como um todo, funcionando como indicador de resultado e não como elemento estruturante.

Por fim, a variável aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais apresenta baixos níveis de motricidade e dependência, sendo classificada como

variável autônoma. Essa posição decorre do caráter condicional e mediado de sua influência, uma vez que sua relevância tende a se manifestar de forma mais significativa apenas em estágios avançados de maturação do sistema, quando operações regulares e impactos concretos passam a ser percebidos pela sociedade. Além disso, sua influência ocorre predominantemente de forma indireta, mediada por processos regulatórios, normativos e políticos, o que reduz sua capacidade de influência direta no contexto da análise estrutural realizada pelo MICMAC.

De forma geral, a leitura integrada das Figuras 27 e 28 evidencia um sistema fortemente hierarquizado, no qual poucas variáveis exercem papel verdadeiramente estruturante, enquanto as demais atuam como elementos de articulação ou como resultados da dinâmica sistêmica. A estabilidade das classificações entre as análises direta e indireta reforça a robustez da estrutura identificada e evidencia a adequação do método MICMAC para revelar não apenas as relações explícitas entre as variáveis, mas também a lógica subjacente que condiciona a evolução do sistema analisado.

Por fim, conclui-se os resultados da aplicação do método MICMAC indicam que o sistema analisado é fortemente estruturado por variáveis tecnológicas e regulatórias. O desenvolvimento tecnológico das aeronaves e as normas de certificação configuram-se como variáveis altamente influentes, exercendo impactos significativos sobre a autonomia, a infraestrutura, a capacidade operacional e a viabilização de voos autônomos.

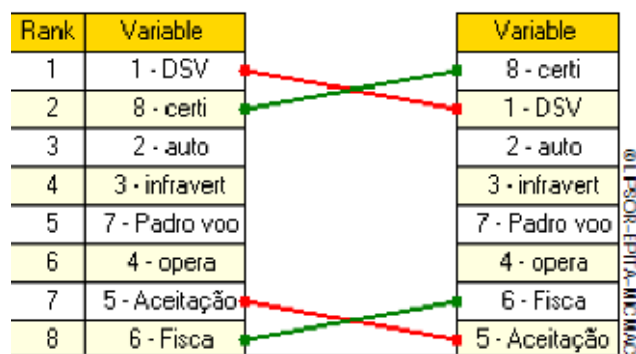
Observa-se que a autonomia das aeronaves e a infraestrutura e vertiportos apresentam elevada interdependência, atuando simultaneamente como variáveis influenciadoras e influenciadas, o que evidencia seu papel central na dinâmica do sistema.

A aceitação pública, embora apresente menor influência técnica direta, revela-se determinante para a implementação de voos autônomos, indicando que fatores sociais, ambientais e de percepção de risco são críticos para a consolidação do sistema.

De modo geral, a matriz MICMAC revela um sistema complexo, cuja evolução depende da convergência entre avanços tecnológicos, adaptação regulatória e políticas públicas de incentivo, reforçando a necessidade de uma abordagem

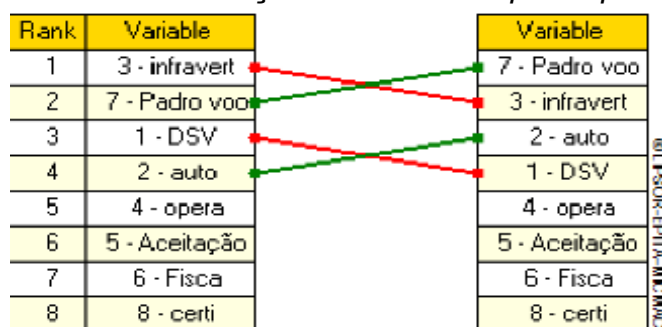
sistêmica para o planejamento e a implementação de operações aéreas avançadas.

Figura 27 — Classificação das variáveis por influência



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 28 — Classificação das variáveis por dependência



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

8.0 ANÁLISE DA ESTRATEGIAS DOS ATORES (MACTOR)

Método de Atores, Objetivos e Fatores de Força ou (MACTOR), desenvolvido entre 1989 e 1990 por François Bourse e Michel Godet, o objetivo central do método é analisar o comportamento de um grupo de autores em uma situação futura, (Castellanos e Ardila, 2020), descrevem que o MACTOR facilita o processamento de dados para posicionar cada ator em relação aos objetivos estratégicos e avaliar o equilíbrio de poder entre eles, a fim de identificar atores dominantes, intermediários e autônomos. (Godet, 1991), em um estudo que observou o mercado de transporte aéreo, argumenta que é possível analisar as ações desses atores, confrontando seus planos e examinando o equilíbrio de poder entre eles (em termos de restrições e meios de ação), é essencial para esclarecer as questões estratégicas e os principais desafios para o futuro, que são os desdobramentos e consequências das batalhas previsíveis. Para (Kadaifci, 2024) os atores também têm o poder de alterar as regras do jogo e influenciar as opiniões dos demais participantes do sistema. Assim, diversas ferramentas e métodos de análise de atores foram propostos para examinar como eles pensam, agem ou tomam decisões.

O método MACTOR tem como objetivo observar as relações entre os atores considerando suas intenções, motivações e planos, examinar suas posições em relação às questões-chave do sistema em estudo, revelar potenciais alianças e conflitos ao incluir o equilíbrio de poder entre os atores na análise e propor ações estratégicas, levando em conta os recursos disponíveis e as preferências observadas (Arcade *et al.* 2009; Godet, 1994).

O método gerará resultados em três níveis, apresentando matrizes e mapas que demonstram, separadamente, a convergência e a divergência dos atores em relação às questões-chave, além de um mapa de posicionamento que reflete a influência dos atores uns sobre os outros. Godet (1994) o método exige três tipos de entrada em formato de matriz: as relações entre os atores, suas posições em relação aos objetivos e a importância atribuída por cada ator a esses objetivos.

Em síntese, o método é aplicado começando definindo os atores, pela função de seus objetivos, problemas e meio de ação, conforme Quadro 11. Em seguida, analisa-se o posicionamento dos atores em relação aos demais componentes do

sistema. A primeira etapa da estruturação do método consiste na construção do quadro das estratégias dos atores, o qual se refere àqueles que controlam as variáveis-chave identificadas pelo método MICMAC.

Na segunda fase, avaliam-se as relações de poder entre os atores por meio da elaboração da matriz de influência direta, desenvolvida a partir do quadro de estratégias definido na etapa anterior. Nesse estágio, as relações de poder são calculadas considerando tanto os meios de ação diretos quanto os indiretos, permitindo que um ator influencie outro por intermédio de um terceiro. A matriz é preenchida de maneira semelhante ao método MICMAC, porém os índices são atribuídos numericamente conforme o Quadro 11.

Quadro 11 — Influência MACTOR

Numeração	Tipo de Influência
0	O ator tem pouca ou nenhuma influência sobre o outro
1	O ator pode interferir de forma limitada os processos operatórios de gestão do outro ator
2	O ator pode interferir na realização dos projetos do outro ator
3	O ator pode influenciar o cumprimento dos objetivos do outro ator
4	O ator pode ameaçar a existência do outro ator

Fonte: Adaptado Brito (2021)

Enfim, é necessário o processo de hierarquização das prioridades, no que diz a respeito aos objetivos de cada ator, nesse sentido, elabora-se a matriz de posição valorizada. Nessa matriz, é necessária uma análise dos atores considerando seus objetivos finais, projetos e meios de ação. Assim, o preenchimento da matriz ocorre conforme Quadro 12.

Quadro 12 — Tipos de Influência

Numeração	Tipo de Influência
-4	O objetivo do ator prejudica a existência dos objetivos do outro ator
-3	O objetivo do ator compromete a realização da missão objetivada pelo outro ator
-2	O objetivo do ator põe em risco o sucesso dos projetos objetivados pelo outro ator
-1	O objetivo do ator põe em risco os procedimentos operacionais objetivados pelo outro ator
0	O objetivo do ator tem um resultado incerto em relação ao objetivo do outro ator
1	O objetivo do ator é essencial os procedimentos operacionais objetivados pelo outro ator
2	O objetivo do ator é essencial para o sucesso dos projetos objetivados pelo outro ator
3	O objetivo do ator é indispensável para a realização da missão objetivada pelo outro ator
4	O objetivo do ator é indispensável para a existência dos objetivos do outro ator

Quadro 12: Brito (2021)

Após os dados terem entrado no sistema, é criado o gráfico de influência e dependência entre os autores, a partir da matriz de influência direta. Nesta matriz, é considerado a combinação das influências diretas e indiretas, chamando Matriz de Influência direta e indireta (MDII). O cálculo da matriz deriva-se da equação número 3.

$$MDII_{ij} = MDI_{ij} + \sum k \left(\min(MDI_{jk}, MDI_{kj}) \right)$$

Onde: MDII = Matriz de influência direta e indireta

MDI = Matriz de influência direta

O próximo resultado calculado pelo método é a escala líquida de influência direta e indireta. Essa escala mede, para cada par de atores, a diferença entre a influência direta e indireta. Cada ator exerce (e recebe) influências diretas e indiretas de segunda ordem dos demais. A escala de influência líquida indica, para cada par de atores, a influência excedente exercida ou recebida. Um valor positivo indica que determinado ator exerce maior influência direta e indireta sobre outro. Já um valor negativo revela o oposto, sinalizando uma influência inferior.

O gráfico de influência e dependência identifica quatro posições distintas:

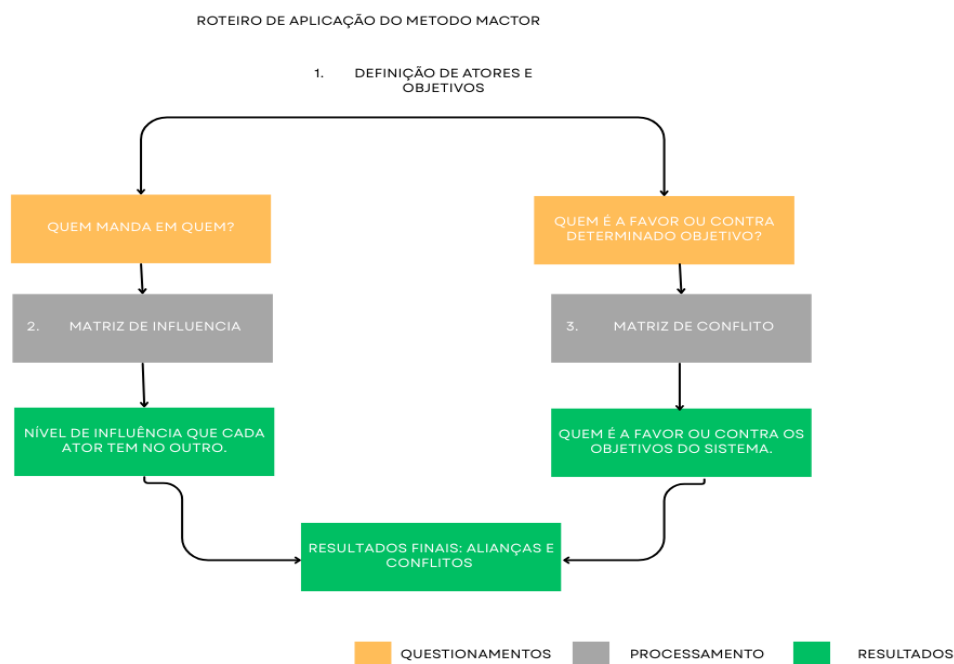
- 1º quadrante: reúne os atores de ligação, que são simultaneamente influentes e dependentes.
- 2º quadrante: agrupa os atores dominantes, caracterizados por alta influência e baixa dependência.

- 3º quadrante: inclui os atores autônomos, que possuem baixa influência e independência em relação ao sistema analisado.
- 4º quadrante: composto pelos atores dominados, pouco influentes e altamente dependentes.

Por fim, a matriz de posição valorizada permitiu a construção do gráfico de convergência entre os atores, além de um histograma que evidencia as implicações dos atores em relação aos seus objetivos. Também possibilitou a formulação de uma escala competitiva por objetivo, capaz de distinguir os atores favoráveis e contrários às metas do sistema.

Os procedimentos da metodologia Mactor seguem em moldes parecidos com a MicMac, utilizando-se de software desenvolvido por Godet e Lesourne. Em síntese o método busca responder algumas perguntas do sistema. A Figura número 29, ilustra os questionamentos.

Figura 29 — Roteiro de aplicação MACTOR



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Com o objetivo de complementar a análise estrutural realizada por meio do método MICMAC, aplicou-se o método MACTOR, voltado à análise

estratégica dos atores e de seus interesses. Enquanto o MICMAC permite identificar as variáveis estruturantes do sistema, o MACTOR possibilita compreender como os diferentes atores interagem, exercem poder e se posicionam frente aos objetivos estratégicos associados a essas variáveis.

O Quadro 13 apresenta um roteiro sintético das etapas de aplicação do método MACTOR, destacando as principais entradas, procedimentos e saídas geradas ao longo do processo, de modo a situar o leitor quanto à lógica de funcionamento do método antes da apresentação dos resultados.

Quadro 13 — Roteiro de Aplicação MACTOR

Etapas do método	Descrição da etapa	Entradas principais	Processamento no MACTOR	Saídas geradas
Identificação dos atores	Definição dos atores relevantes que influenciam ou são influenciados pelo sistema analisado	Lista de atores institucionais, industriais, regulatórios, sociais e tecnológicos	Registro e codificação dos atores no software	Conjunto estruturado de atores
Definição dos objetivos estratégicos	Identificação dos objetivos, interesses ou posições estratégicas relevantes ao sistema	Lista de objetivos estratégicos associados ao sistema	Codificação dos objetivos no MACTOR	Conjunto estruturado de objetivos
Matriz de influência entre atores (MAA)	Avaliação das influências diretas exercidas por cada ator sobre os demais	Julgamento qualitativo/quantitativo das relações de influência entre atores	Construção da matriz MAA	Matriz de influências diretas entre atores
Cálculo do poder relativo dos atores	Cálculo dos níveis de influência e dependência entre os atores	Matriz MAA	Processamento matricial e normalização	Ranking de poder e influência dos atores
Matriz atores x objetivos (MAO)	Avaliação da posição de cada ator em relação a cada objetivo estratégico	Julgamento do grau de apoio, oposição ou neutralidade	Construção da matriz MAO	Matriz de posicionamento estratégico
Cálculo das convergências e divergências	Análise dos graus de alinhamento e conflito entre os atores	Matriz MAO e pesos dos atores	Processamento algébrico das convergências/divergências	Matrizes e índices de convergência/divergência
Representação gráfica dos atores	Visualização das relações de poder, convergência e conflito	Resultados das matrizes e índices	Geração de grafos e mapas de atores	Grafos de influência e mapas estratégicos
Análise interpretativa	Interpretação sistêmica dos resultados	Tabelas e Figuras geradas	Análise qualitativa integrada	Identificação de coalizões, conflitos e atores-chave

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

8.1 ENTRADA DE DADOS, APLICAÇÃO E RESULTADOS MACTOR

O Quadro 14 demonstra os atores mais relevantes para o sistema, selecionados com resultados obtidos na revisão sistemática de literatura, também é apresentado uma descrição, suas abreviaturas e instituições de exemplo.

A seleção dos atores apresentada o Quadro 14 foi fundamentada na literatura sobre sistemas sociotécnicos complexos, inovação tecnológica e mobilidade aérea urbana, bem como nas recomendações metodológicas associadas à aplicação do método MACTOR. A escolha dos atores não se baseou em critérios subjetivos de relevância, mas na identificação daqueles que detêm capacidade de influência, poder de decisão, interesse estratégico ou potencial de veto sobre o sistema analisado, conforme amplamente discutido nos estudos prospectivos e de governança de tecnologias emergentes.

Observa-se que a inclusão das agências de fomento e crédito decorre do reconhecimento, presente na literatura sobre sistemas de inovação e políticas industriais, de que o financiamento público e privado constitui condição habilitadora central para tecnologias emergentes caracterizadas por elevado risco, alto investimento inicial e longos ciclos de maturação. No contexto da mobilidade aérea urbana, esses atores exercem influência indireta significativa ao viabilizar projetos de desenvolvimento tecnológico, infraestrutura e pesquisa, condicionando o ritmo e a escala de evolução do sistema.

As plataformas de mobilidade digital foram incluídas por refletirem a crescente abordagem da mobilidade aérea urbana como serviço, e não apenas como solução tecnológica isolada. Estudos recentes destacam o papel das plataformas digitais na integração modal, na gestão da demanda e na experiência do usuário, situando esses atores como elementos centrais na lógica de *Mobility as a Service*. Sua capacidade de influenciar modelos de negócio, padrões operacionais e aceitação do serviço justifica sua consideração como atores estratégicos no âmbito da análise MACTOR.

A presença das empresas de infraestrutura, particularmente aquelas associadas à construção e operação de vertiportos, fundamenta-se na literatura que

identifica a infraestrutura como um dos principais gargalos para a implementação da mobilidade aérea urbana. Esses atores exercem papel crítico na ancoragem territorial do sistema, influenciando aspectos energéticos, operacionais, de segurança e de integração urbana, ao mesmo tempo em que permanecem fortemente condicionados por decisões regulatórias e tecnológicas.

As empresas desenvolvedoras de eVTOL configuram o núcleo tecnológico do sistema e são recorrentemente tratadas na literatura como *technology developers* ou *system integrators*. Sua inclusão decorre de seu elevado interesse direto no sucesso do sistema e de sua capacidade técnica de influenciar requisitos operacionais, de certificação e de infraestrutura. Contudo, esses atores também apresentam elevada dependência em relação a marcos regulatórios, disponibilidade de financiamento e aceitação institucional, o que reforça a necessidade de analisá-los em interação com os demais atores.

As universidades e centros de pesquisa e desenvolvimento foram considerados em função do papel central do conhecimento científico e da pesquisa aplicada na superação dos desafios técnicos, sociais e ambientais associados à mobilidade aérea urbana. A literatura sobre sistemas de inovação e modelos destaca a atuação desses atores como elementos de suporte estratégico, influenciando o desenvolvimento tecnológico, a formulação de normas e a avaliação de impactos, ainda que seu poder decisório direto seja limitado.

A inclusão das agências reguladoras e de pesquisa governamental fundamenta-se no amplo consenso da literatura de que a regulação constitui elemento estruturante central para sistemas aeronáuticos e, em particular, para a mobilidade aérea urbana. Esses atores detêm elevado poder de decisão e veto, sendo responsáveis por processos de certificação, definição de requisitos de segurança e gestão do espaço aéreo, o que lhes confere capacidade de moldar de forma decisiva os limites e as possibilidades de evolução do sistema.

Por fim, o público e os clientes foram considerados como atores relevantes em função de sua influência indireta e mediada sobre o sistema. Estudos sociotécnicos apontam que a aceitação social, a percepção de risco e a legitimidade pública condicionam a viabilidade de longo prazo de tecnologias emergentes. Embora

apresentem baixo poder direto de decisão, esses atores influenciam o sistema por meio do mercado, da opinião pública e da pressão exercida sobre instâncias regulatórias e políticas.

Quadro 14 — Atores observados

Nº	ATORES	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO	ATORES
1	Agências de Fomento e Crédito	Crédito	Financiamento a projetos, startups e infraestrutura.	BNDS, Banco Mundial, BID, CNQP, CAPES, EIB, Toyota Ventures, ARK Invest, BlackRock
2	Plataformas de Mobilidade Digital	Plataforma	Aplicativos, integração modal, reservas e mapeamento	Uber Elevate, Hyundai Supernal, EHang Platform, Google/Waze
3	Empresas de Infraestrutura UAM	Infraestrut	Construção de vertiportos, integração energética, segurança e automação	Skyports, Ferrovial Vertiports, Urban-Air Port, Honeywell, Siemens Mobility, Thales Group
4	Empresas de eVTOL	eVTOL	Desenvolvimento de aeronaves elétricas para uso urbano.	Joby Aviation, Lilium, Eve (Embraer), Volocopter, Archer, Wisk, Vertical Aerospace, SkyDrive, Beta Tech
5	Universidades e Centros de P&D	Universida	Pesquisas técnicas, ambientais, sociais e econômicas; modelagem e simulações	MIT, Georgia Tech, TU Munich, ITA, USP, UFSCAR, UC Berkeley, Fraunhofer Institute
6	Agências / Pesquisa Gov.	Agências	FAA (EUA), EASA (UE), ANAC (Brasil), DECEA	Certificação, segurança de voo, controle de tráfego
7	Público/ Clientes	Público	Público em geral, clientes ou não	População em geral afetada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Também foram estabelecidas as escalas de peso e o grau de influência de um ator sobre o outro, *vide* Tabela 6 matrizes de influência direta entre atores (MDI), os valores variam de 0 até 4, sendo 0 ausência de influência e 4 pode ameaçar a existência do outro ator. A influência ente os atores é dada pela escala seguinte:

- 0: Pouca ou nenhuma influência
- 1: Pode interferir de forma limitada em processos
- 2: Pode interferir nos processos

- 3: Pode interferir nas missões/objetivos
- 4: Pode ameaçar a existência

Pode-se interpretar a Tabela 6 seguindo os mesmos moldes da metodologia anterior, por exemplo: O ator “Crédito” tem o potencial de ameaçar a existência do ator “eVtol”, pois, o corte generalizado da linha de crédito pode acarretar a escassez de recursos financeiros para o desenvolvimento pleno, já a influência do ator “crédito” é zero no ator “agências”, pois a mesma tem um papel regulador e não necessita de verbas.

Tabela 6 — Influência de atores

MID	Crédito	Plataforma	Infraestru	eVTOL	Universida	Agências	Público
Crédito	0	2	3	4	1	0	0
Plataforma	1	0	2	2	1	0	3
Infraestru	1	4	0	4	1	0	4
eVTOL	1	4	4	0	1	0	4
Universida	1	1	1	1	0	1	1
Agências	1	4	4	4	1	0	4
Público	2	3	4	4	1	2	0

© LIPSOR-EPITA-MACTOR

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Em síntese a lógica utilizada para o preenchimento e suas justificativas são apresentadas no Apêndice B

A partir do preenchimento da matriz foram definidos os objetivos estratégicos do sistema, fundamentado na metodologia de suporte “RSL”.

O Quadro 15 apresenta o conjunto de objetivos estratégicos considerados na aplicação do método MACTOR, desempenhando papel fundamental na estruturação da análise dos atores. Diferentemente do método MICMAC, que se concentra na dinâmica entre variáveis estruturais, o MACTOR tem como foco a análise das relações de poder, convergência e conflito entre atores em torno de objetivos estratégicos compartilhados ou divergentes. Nesse sentido, a explicitação prévia dos

objetivos constitui etapa indispensável para a compreensão do comportamento estratégico dos atores no sistema analisado.

Observa-se que os objetivos estratégicos representam os eixos de interesse em torno dos quais os atores orientam suas decisões, ações e posicionamentos. Eles não correspondem a metas operacionais específicas, mas a direções estratégicas que sintetizam aspirações, prioridades e preocupações centrais dos diferentes grupos de atores envolvidos no sistema. Dessa forma, o Quadro 15 estabelece uma linguagem comum que permite comparar atores distintos — públicos, privados, regulatórios e sociais — a partir de critérios analíticos compartilhados.

Além disso, o apêndice B contribui para reduzir a subjetividade inerente à análise estratégica, ao tornar explícitos os critérios utilizados para avaliar o alinhamento entre os atores. Ao invés de inferir implicitamente interesses ou intenções, o método exige que esses interesses sejam formalizados sob a forma de objetivos, permitindo que os julgamentos posteriores sejam discutidos, comparados e validados de maneira mais transparente.

Outro aspecto relevante é que os objetivos estratégicos funcionam como elemento de ligação entre o MICMAC e o MACTOR. Muitos dos objetivos definidos no Quadro 15 derivam diretamente das variáveis estruturantes identificadas na análise MICMAC, traduzindo essas variáveis em direções estratégicas concretas que orientam a atuação dos atores. Dessa forma, assegura-se coerência metodológica entre a análise estrutural do sistema e a análise estratégica dos atores.

Quadro 15 — Objetivos estratégicos

Nº	ABREVIATURA	OBJETIVO	DESCRIÇÃO
1	Acessar	Acessar transporte aéreo seguro, rápido e acessível	Garantir disponibilidade e facilidade de acesso a transporte aéreo eficiente e seguro.
2	Garantia	Ter garantia de privacidade, baixo ruído e impacto ambiental mínimo	Assegurar confiabilidade e conforto, respeitando normas ambientais e de privacidade.
3	Financiar	Financiar inovação e desenvolvimento tecnológico	Disponibilizar recursos para impulsionar projetos de inovação e tecnologia.
4	Monetiza	Integrar UAM com sistemas existentes de mobilidade (ex: apps tipo Uber, 99) e monetização ampla	Criar oportunidades de receita integradas e ampliar a viabilidade econômica da mobilidade aérea.
5	Vertiporto	Projetar, construir e operar vertiportos e centros de controles	Desenvolver infraestrutura segura e eficiente para operação de veículos aéreos urbanos.
6	Desenvolve	Desenvolver aeronaves seguras, eficientes e certificáveis	Promover criação e melhoria contínua de aeronaves dentro de padrões de segurança e eficiência.
7	Regulatório	Obter aprovações regulatórias	Garantir conformidade com normas legais e regulatórias aplicáveis à operação de aeronaves e vertiportos.
8	Conhecimento	Produzir conhecimento científico e tecnológico	Gerar pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica aplicável à mobilidade aérea.
9	Formar	Formar mão de obra especializada	Capacitar profissionais qualificados para atender às demandas da indústria de mobilidade aérea urbana.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Tabela 7 apresenta a matriz de posições valoradas dos atores em relação aos objetivos estratégicos, usualmente denominada MAO no método MACTOR. Observa-se que essa matriz explicita como cada ator se posiciona frente aos objetivos definidos no Quadro 15, permitindo identificar alinhamentos, divergências e neutralidades estratégicas no sistema analisado.

Na matriz, as linhas correspondem aos atores e as colunas aos objetivos estratégicos, sendo atribuídos valores numéricos que expressam o sentido e a intensidade do posicionamento estratégico. Conforme a escala adotada neste estudo, o valor 0 indica neutralidade ou ausência de posicionamento relevante do ator em relação ao objetivo considerado; o valor 1 corresponde a um apoio fraco ou condicionado; o valor 2 indica apoio moderado; o valor 3 representa apoio forte; e o valor 4 expressa apoio muito forte ou estratégico ao objetivo. De forma simétrica, valores negativos indicam oposição, sendo o valor -1 associado a oposição fraca, -2 a oposição moderada, -3 a oposição forte e -4 a oposição muito forte ou estratégica.

Diferentemente da matriz de influência entre atores, que representa relações de poder e condicionamento, a matriz de posições valoradas expressa preferências estratégicas, isto é, as orientações desejadas pelos atores em relação aos objetivos do sistema. Assim, observa-se que um ator pode atribuir valor elevado e positivo a determinado objetivo — indicando forte apoio — sem necessariamente dispor de poder suficiente para concretizá-lo, da mesma forma que pode possuir elevado poder relacional e, ainda assim, manifestar oposição ou neutralidade frente a certos objetivos estratégicos.

A explicitação dos valores atribuídos na Tabela 7 permite distinguir claramente capacidade de influência de direção de interesse, distinção central para a lógica do método MACTOR. A partir dessa matriz, torna-se possível comparar sistematicamente os posicionamentos dos atores, identificando convergências quando diferentes atores atribuem valores positivos semelhantes a um mesmo objetivo, e divergências quando os posicionamentos se apresentam em sentidos opostos, isto é, com a coexistência de valores positivos e negativos em relação ao mesmo objetivo estratégico.

Outro aspecto relevante é que a escala adotada possibilita captar nuances importantes do comportamento estratégico dos atores, como apoios condicionais, alinhamentos parciais ou oposições graduais, que não seriam identificáveis em classificações binárias. Dessa forma, a intensidade associada aos valores numéricos contribui para uma análise mais refinada e realista das interações estratégicas no sistema

Tabela 7 – Matriz de posições valoradas

2MAO	Formar	conhecimen	regulatóri	Desenvolve	veríportu	monetiza	Financiar	garantia	Acessar
Crédito	1	0	4	1	2	1	3	1	0
Plataforma	4	2	1	4	1	0	1	0	0
Infraestru	2	1	2	2	4	2	3	1	1
eVTOL	2	1	2	2	2	4	3	1	1
Universida	1	2	3	0	1	3	2	4	4
Agências	1	3	2	0	1	2	4	3	2
Público	4	4	1	2	0	1	1	1	1

© LIPSOR-EPITA-MACTOR

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

As justificativas e julgamentos do preenchimento da Tabela 7 podem ser encontrados no Apêndice C.

A Tabela 8, que apresenta a matriz de influência indireta entre os atores, amplia a análise originalmente realizada a partir da matriz de influências diretas ao incorporar os efeitos de segunda e terceira ordem decorrentes das interações encadeadas no sistema. Observa-se que, em sistemas complexos, a influência raramente se manifesta de forma exclusivamente linear, sendo comum que o poder de um ator se propague por meio de outros, produzindo efeitos indiretos relevantes. Nesse sentido, a matriz de influência indireta permite revelar dinâmicas de poder que não são plenamente captadas pela análise direta.

Verifica-se que essa etapa do método MACTOR é fundamental para identificar atores cuja relevância estratégica emerge não necessariamente de sua capacidade de imposição direta, mas de sua atuação como intermediários ou amplificadores de influência no sistema. A partir dessa matriz, o software gera a Figura 30, correspondente ao mapa de motricidade e dependência dos atores, no qual se observa a redistribuição das posições estruturais considerando os efeitos indiretos das interações. Nesse mapa, a motricidade expressa a capacidade de um ator influenciar o sistema como um todo, enquanto a dependência indica o grau em que esse ator é condicionado pelas ações dos demais.

A análise é complementada pela Figura 31, que representa a relação de força entre os atores, integrando simultaneamente os níveis de motricidade, dependência e o peso relativo de cada ator no sistema. Constata-se que essa representação não deve ser interpretada como uma hierarquia formal, mas como a expressão do equilíbrio dinâmico de poder resultante das interações diretas e indiretas, permitindo identificar atores dominantes, intermediários e dependentes.

Ao analisar conjuntamente a Tabela 8 e as Figuras 30 e 31, observa-se que as agências reguladoras ocupam posição de elevada motricidade e baixa dependência, consolidando-se como atores estruturalmente dominantes no sistema. Essa posição é reforçada na Figura 31, na qual se verifica elevada relação de força, decorrente do poder normativo, do potencial de veto e da centralidade dos processos de certificação, segurança operacional e gestão do espaço aéreo. Mesmo quando consideradas as influências indiretas, constata-se que a posição das agências permanece estável, evidenciando seu papel estruturante na dinâmica do sistema.

O ator Crédito, composto por agências de fomento e investidores, apresenta igualmente elevada motricidade associada a níveis relativamente reduzidos de dependência, configurando-se como ator motriz de natureza econômica. Verifica-se que sua influência indireta se amplia à medida que o financiamento atua como elemento habilitador do desenvolvimento tecnológico, da implantação de infraestrutura e da sustentação de atividades de pesquisa e inovação. Na Figura 31, observa-se que essa capacidade de condicionamento se traduz em uma relação de força significativa, ainda que distinta da exercida pelos atores regulatórios, por estar ancorada em mecanismos econômicos e financeiros.

As empresas de eVTOL posicionam-se no mapa de motricidade e dependência como atores de ligação, apresentando simultaneamente níveis elevados de motricidade e dependência. Constata-se que essa posição reflete seu papel como núcleo tecnológico do sistema, influenciando decisões relacionadas à infraestrutura, aos modelos operacionais e à aceitação do público, ao mesmo tempo em que dependem fortemente de financiamento, certificação e condições infraestruturais. Na Figura 31, verifica-se que sua relação de força é relevante, mas não dominante, evidenciando que, apesar da centralidade tecnológica, esses atores operam sob forte condicionamento institucional e econômico.

As empresas de infraestrutura, especialmente aquelas associadas à implantação e operação de vertiportos, também ocupam posição intermediária no mapa apresentado na Figura 30, caracterizando-se como atores de ligação com elevada dependência. Observa-se que sua influência indireta decorre do fato de a infraestrutura atuar como elemento de ancoragem física do sistema, condicionando a operação das plataformas, a utilização das aeronaves e a experiência do público. Contudo, verifica-se que essa influência permanece fortemente limitada por decisões regulatórias, financeiras e políticas, o que explica sua posição não dominante na relação de força apresentada na Figura 31.

As plataformas de mobilidade digital apresentam níveis moderados de motricidade e dependência, posicionando-se como atores intermediários no sistema. Consta-se que sua influência indireta resulta principalmente da capacidade de mediar a relação entre a tecnologia e o usuário final, moldando padrões de uso, percepção de valor e escala de mercado. Na Figura 31, observa-se que a relação de força desse ator é inferior à dos atores regulatórios e financeiros, refletindo o fato de que sua atuação depende da existência prévia de tecnologia certificada e de infraestrutura operacionalmente disponível.

As universidades e centros de pesquisa e desenvolvimento aparecem na Figura 30 com baixos níveis de motricidade e dependência, caracterizando-se como atores relativamente autônomos. Verifica-se que sua influência indireta se manifesta de forma difusa e predominantemente de longo prazo, por meio da produção de conhecimento, da formação de capital humano e do suporte técnico às demais dimensões do sistema. Na Figura 31, constata-se que a relação de força desse ator é limitada, o que é coerente com seu papel de suporte estratégico, sem poder decisório direto ou capacidade de veto.

Por fim, o público e os clientes apresentam elevada dependência e motricidade reduzida no mapa de motricidade e dependência, posicionando-se como atores predominantemente dependentes no sistema. Observa-se que, embora o público exerça influência indireta relevante por meio da aceitação social, da demanda e da pressão política, essa influência ocorre de forma mediada e reativa, o que explica sua posição periférica na Figura 30. Na Figura 31, verifica-se que sua relação de força é inferior à dos atores institucionais e econômicos, reforçando a interpretação de que o

público atua mais como elemento de validação ou de bloqueio *ex post* do que como indutor direto da evolução do sistema.

De modo geral, a leitura integrada da Tabela 8 e das Figuras 30 e 31 evidencia que o poder no sistema analisado se distribui de forma assimétrica, concentrando-se principalmente em atores regulatórios e financeiros, enquanto os demais atores ocupam posições intermediárias ou dependentes. A incorporação das influências indiretas reforça essa estrutura, indicando que, mesmo quando considerados os efeitos encadeados, a hierarquia estratégica do sistema permanece relativamente estável. Esse resultado confirma a coerência interna da aplicação do método MACTOR e contribui para uma compreensão mais profunda das dinâmicas de poder que condicionam a evolução do sistema analisado.

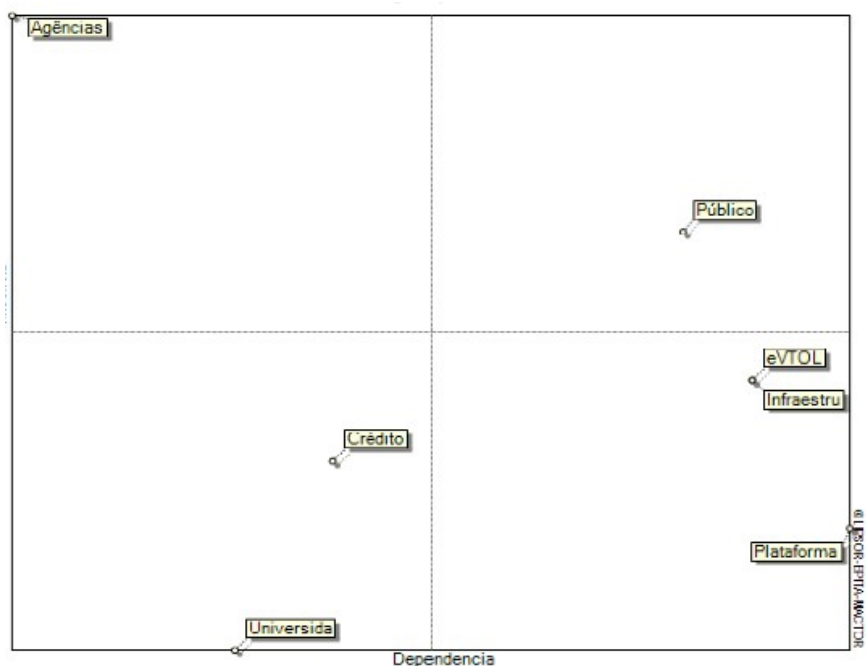
Tabela 8 — Matriz de influência indireta

MIDI	Crédito	Plataforma	Infraestrut	eVTOL	Universida	Agências	Público	II
Crédito	4	10	10	10	4	1	10	45
Plataforma	6	9	9	9	5	3	8	40
Infraestrut	6	13	12	12	5	3	12	51
eVTOL	6	13	12	12	5	3	12	51
Universida	6	6	6	6	6	2	5	31
Agências	7	17	16	16	6	3	16	78
Público	7	16	15	15	6	3	14	62
Di	38	75	68	68	31	15	63	358

© LPSOR-EPITA-MACTOR

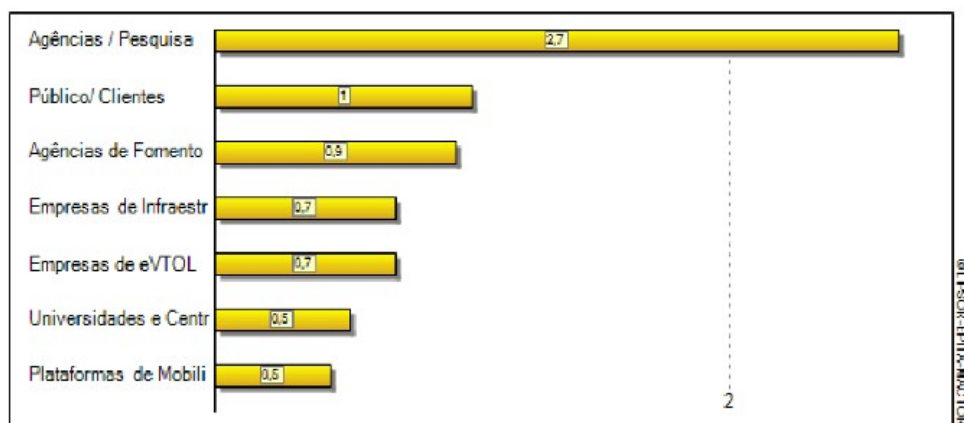
Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 30 — Mapa de motricidade e dependência



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 31 — Relação de força



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A matriz 1MAO demonstra a relação de cada ator com determinado objetivo estratégico, observa-se que todos os atores são a favor dos objetivos ou neutros. Pode-se justificar tal posicionamento obtido pelo método, dado que os objetivos e missões cada ator se complementam para o sucesso do conceito, não apresentado conflitos entre os atores. A classificação é dada da seguinte maneira.

- -1 Ator é desfavorável ao objetivo
- 0 Ator é neutro ao objetivo
- 1 ator é favorável ao objetivo

Tabela 9 — Matriz relação de conflito

1MAO	Accesar	garantia	Financiar	monetiza	vertiporto	Desenvolve	regulatori	conhecimen	Formar	Suma absoluta
Crédito	1	0	1	1	1	1	1	1	0	7
Plataforma	1	1	1	1	1	0	1	0	0	6
Infraestru	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
eVTOL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Universida	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Agências	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Público	1	1	1	1	0	1	1	1	1	8
Número de acuerdos	7	6	7	5	6	6	7	6	5	
Número de desacuerdos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Número de posicioones	7	6	7	5	6	6	7	6	5	

© LIPSOR-EPTA-MACTOR

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Em síntese a justificativa de cada ator pode ser encontrada no Apêndice D.

A Tabela 10, que apresenta as prioridades por objetivo, é gerada a partir da agregação das posições valoradas dos atores em relação aos objetivos estratégicos, ponderadas pelo peso relativo e pela influência dos atores identificados nas etapas anteriores do método MACTOR. Observa-se que essa tabela sintetiza, em um único instrumento, o grau de centralidade estratégica de cada objetivo no sistema analisado, considerando simultaneamente o alinhamento e o poder dos atores envolvidos.

Verifica-se que o cálculo das prioridades por objetivo resulta da combinação entre a intensidade dos apoios e oposições expressos na matriz atores × objetivos e

a capacidade efetiva de influência dos atores que manifestam tais posicionamentos. Dessa forma, objetivos fortemente apoiados por atores com elevada motricidade tendem a apresentar maior prioridade estratégica, enquanto objetivos associados a apoios difusos, conflitantes ou provenientes de atores com menor peso relativo ocupam posições inferiores na hierarquia.

A partir da Tabela 10, o software MACTOR gera a Figura 32, que representa o posicionamento dos objetivos em um espaço gráfico que permite visualizar simultaneamente seu grau de prioridade e a distribuição dos apoios e oposições no sistema. Observa-se que essa representação gráfica facilita a interpretação comparativa entre os objetivos, tornando mais evidentes aqueles que concentram maior consenso estratégico e aqueles que se situam em zonas de maior controvérsia ou menor relevância sistêmica.

A Tabela 10, em conjunto com a Figura 32, evidencia a prioridade atribuída aos objetivos estratégicos a partir do posicionamento dos diferentes atores do sistema. Observa-se que, de modo geral, os atores tendem a priorizar objetivos diretamente alinhados às suas funções institucionais e interesses centrais, o que confere coerência interna aos resultados do método MACTOR.

Verifica-se, por exemplo, que o ator Crédito concentra suas maiores prioridades nos objetivos associados ao financiamento e à estabilidade regulatória, refletindo a necessidade de segurança jurídica e retorno econômico para a viabilização de investimentos. De forma análoga, o ator Plataforma apresenta elevada prioridade nos objetivos de acesso e monetização, coerentes com modelos de negócio baseados em escala, volume de usuários e captura de valor por meio da prestação do serviço.

Observa-se que as empresas de infraestrutura priorizam objetivos relacionados à implantação e operação de vertiportos, bem como à previsibilidade regulatória, enquanto os fabricantes de eVTOL concentram suas prioridades no desenvolvimento tecnológico e na certificação, objetivos diretamente associados à viabilidade técnica e comercial de seus produtos. As universidades, por sua vez, apresentam maior prioridade nos objetivos relacionados à produção de conhecimento e à formação de capital humano, refletindo seu papel institucional no sistema. As

agências reguladoras priorizam fortemente objetivos associados à segurança, à regulação e à garantia operacional, enquanto o público demonstra maior prioridade em objetivos ligados ao acesso e à segurança, condições essenciais para a aceitação do sistema.

A Figura 32 reforça essa leitura ao representar graficamente o posicionamento dos objetivos no sistema. Observa-se que o gráfico se apresenta integralmente em amarelo, indicando posicionamento favorável dos atores em relação aos objetivos estratégicos considerados. A ausência de áreas em azul, que indicariam oposição, evidencia que não se identificam conflitos diretos ou objetivos estruturalmente rejeitados no sistema analisado. Esse resultado sugere elevado grau de alinhamento estratégico entre os atores, ainda que com diferentes níveis de prioridade e interesse.

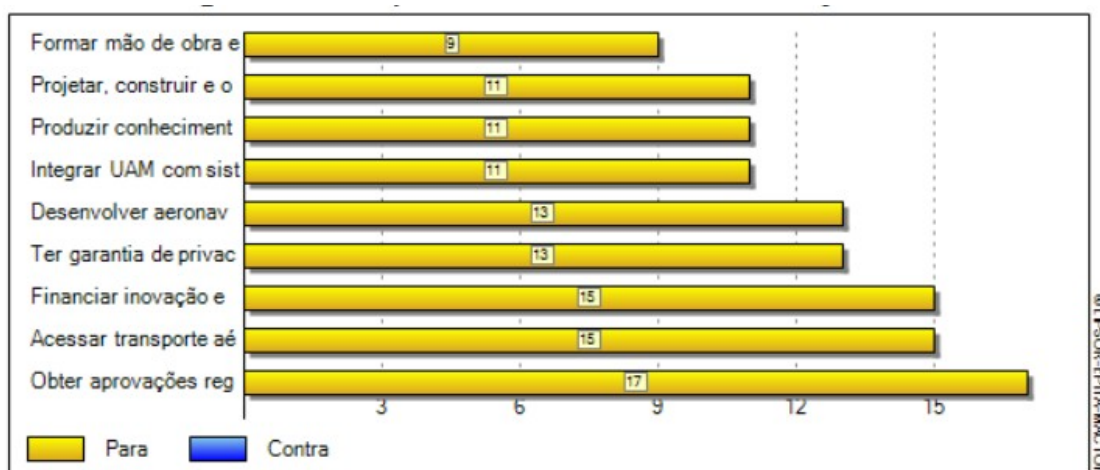
Tabela 10 — Prioridades por objetivo

	Acessar	garantia	Financiar	monetiza	vertporfo	Desenvolve	regulatóri	conhecimen	Formar	Suma absoluta
2MAO										
Crédito	1	0	4	1	2	1	3	1	0	13
Plataforma	4	2	1	4	1	0	1	0	0	13
Infraestru	2	1	2	2	4	2	3	1	1	18
eVTOL	2	1	2	2	2	4	3	1	1	18
Universida	1	2	3	0	1	3	2	4	4	20
Agências	1	3	2	0	1	2	4	3	2	18
Público	4	4	1	2	0	1	1	1	1	15
Número de acuerdos	15	13	15	11	11	13	17	11	9	
Número de desacuerdos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Número de posicioones	15	13	15	11	11	13	17	11	9	

© LIPSOR-EPITAMACTOR

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 32 — Posicionamento por objetivo



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Tabela 11 – Posicionamento dos atores conforme objetivo é gerada a partir do cruzamento sistemático entre a matriz de posições valoradas (MAO) e os pesos relativos dos atores, calculados com base nas influências diretas e indiretas identificadas nas etapas anteriores do método MACTOR. Observa-se que essa tabela reorganiza as informações originalmente expressas na matriz atores × objetivos, deslocando o foco da análise do ator individual para o objetivo estratégico, permitindo comparar, para cada objetivo, o posicionamento relativo dos diferentes atores.

O preenchimento da Tabela 11 resulta da agregação e normalização das posições valoradas atribuídas a cada ator em relação a um mesmo objetivo, considerando simultaneamente a intensidade do posicionamento e a capacidade efetiva de influência dos atores no sistema. Dessa forma, o método permite identificar não apenas se os atores apoiam ou se opõem a determinado objetivo, mas também o peso estratégico desse apoio ou oposição, em função do poder relacional de cada ator.

A Tabela 11, em conjunto com a Figura 33, apresenta o posicionamento dos atores conforme cada objetivo estratégico, permitindo observar como os diferentes atores se distribuem em relação a um mesmo objetivo, bem como o grau de alinhamento ou divergência existente entre eles. Diferentemente da Tabela 10, que evidencia a prioridade dos objetivos no sistema, esta etapa do método MACTOR desloca o foco para a comparação entre os atores, objetivo por objetivo.

Observa-se, a partir da Tabela 11, que os atores tendem a assumir posicionamentos coerentes com suas atribuições institucionais e interesses estratégicos. Para os objetivos relacionados ao financiamento e à regulação, verifica-se posicionamento fortemente favorável por parte do ator Crédito e das Agências reguladoras, enquanto os demais atores apresentam apoio moderado ou condicionado, refletindo sua dependência desses mecanismos, mas não sua centralidade decisória.

Nos objetivos associados ao acesso ao serviço e à monetização, observa-se maior protagonismo das plataformas de mobilidade, acompanhadas por apoio relevante do público e dos fabricantes de eVTOL, o que evidencia convergência em torno da ampliação do mercado e da viabilidade econômica do sistema. Já as empresas de infraestrutura posicionam-se de forma favorável, porém mais pragmática, condicionando seu apoio à existência de demanda e estabilidade regulatória.

Para os objetivos ligados ao desenvolvimento tecnológico, à produção de conhecimento e à formação de capital humano, observa-se maior alinhamento das universidades e dos fabricantes de eVTOL, enquanto os demais atores apresentam apoio mais limitado ou instrumental. Esse padrão reflete a especialização funcional dos atores e a natureza complementar desses objetivos no sistema.

A Figura 33 reforça essas interpretações ao representar graficamente o posicionamento dos atores em relação a cada objetivo. Observa-se que o gráfico é predominantemente composto por áreas em amarelo, indicando posicionamentos favoráveis, com baixa presença de áreas associadas à oposição. Esse resultado evidencia que, embora os níveis de prioridade e intensidade de apoio variem entre os atores, não se identificam conflitos diretos relevantes em torno dos objetivos estratégicos analisados.

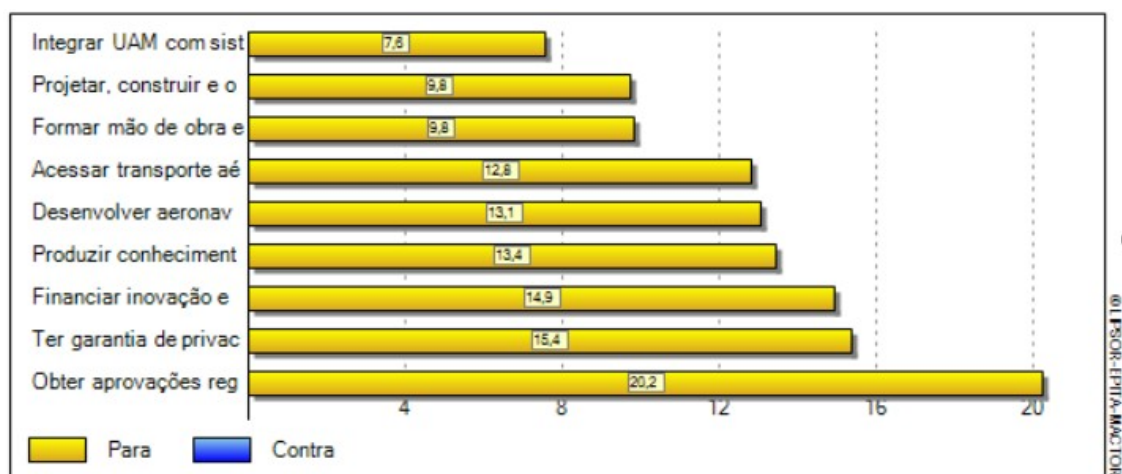
Tabela 11 — Posicionamento dos atores conforme objetivo

3MAO	Acessar	garantia	Financiar	monetiza	vertiporto	Desenvolve	regulatóri	conhecimen	Formar	Mobilizacian
Crédito	0,9	0,0	3,8	0,9	1,9	0,9	2,8	0,9	0,0	12,2
Plataforma	1,8	0,9	0,5	1,8	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	5,9
Infraestru	1,4	0,7	1,4	1,4	2,8	1,4	2,1	0,7	0,7	12,7
eVTOL	1,4	0,7	1,4	1,4	1,4	2,8	2,1	0,7	0,7	12,7
Universida	0,5	1,1	1,6	0,0	0,5	1,6	1,1	2,1	2,1	10,6
Agências	2,7	8,0	5,3	0,0	2,7	5,3	10,6	8,0	5,3	47,8
Público	4,0	4,0	1,0	2,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	15,1
Número de acuerdos	12,8	15,4	14,9	7,6	9,8	13,1	20,2	13,4	9,8	
Número de desacuerdos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Grado de mobilizacian	12,8	15,4	14,9	7,6	9,8	13,1	20,2	13,4	9,8	

© IPSOR-EPITA-MACTOR

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 33 — Configuração de Posicionamento por Objetivo Estratégico



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Tabela 12 – Matriz de convergências é gerada a partir da comparação sistemática das posições valoradas dos atores em relação aos objetivos estratégicos, ponderadas pelos níveis de influência direta e indireta identificados no método MACTOR. Observa-se que essa matriz tem como finalidade identificar o grau de alinhamento estratégico entre pares de atores, indicando em que medida compartilham interesses semelhantes em relação aos objetivos analisados.

O preenchimento da matriz de convergências decorre da agregação dos posicionamentos coincidentes dos atores, considerando tanto o sinal (apoio ou

oposição) quanto a intensidade desses posicionamentos. Verifica-se que a convergência é tanto mais elevada quanto maior for a coincidência de interesses em objetivos centrais do sistema, especialmente quando esses interesses são sustentados por atores com maior peso relativo. Dessa forma, a Tabela 12 não indica apenas afinidade discursiva, mas convergência estratégica efetiva, associada à possibilidade de cooperação, coordenação ou formação de coalizões.

A partir da Tabela 12, o software MACTOR gera a Figura 34 – Grafo de convergência, que representa graficamente as relações de alinhamento entre os atores. Observa-se que os nós correspondem aos atores e as ligações indicam o grau de convergência identificado, sendo que conexões mais intensas refletem maior compatibilidade estratégica. Essa representação gráfica facilita a visualização das redes de cooperação potencial, evidenciando agrupamentos de atores com interesses semelhantes.

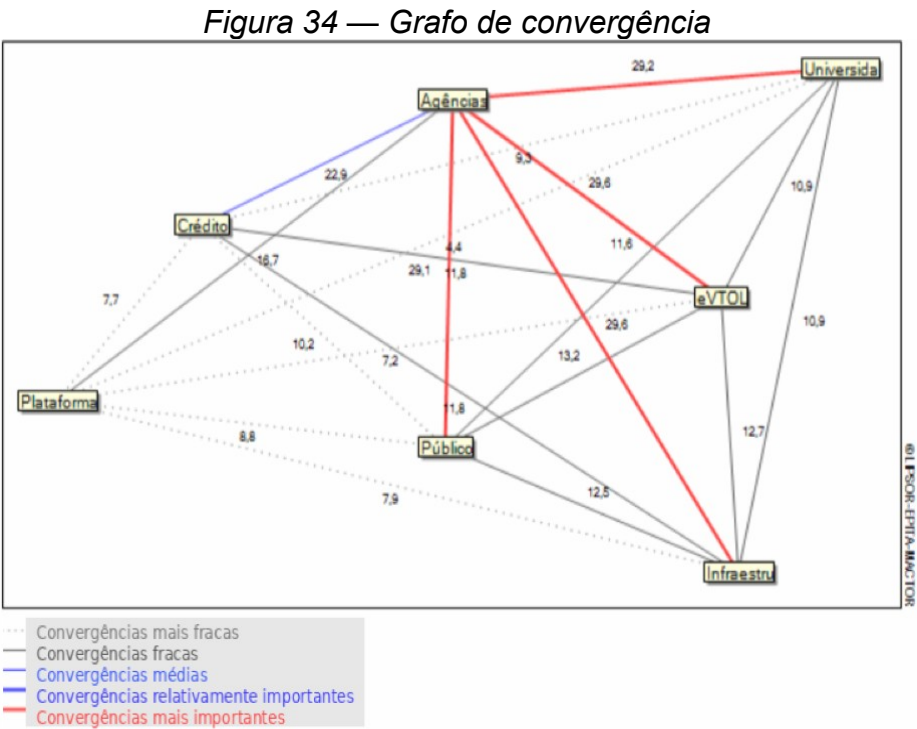
A análise conjunta da Tabela 12 e da Figura 34 indica que o sistema apresenta níveis elevados de convergência entre determinados atores, especialmente aqueles cujos papéis institucionais e interesses estratégicos são complementares. Observa-se que atores vinculados à regulação, ao financiamento e ao desenvolvimento tecnológico tendem a apresentar convergências relevantes em objetivos associados à estabilidade do sistema, à segurança e à viabilidade econômica. Da mesma forma, verifica-se convergência entre atores operacionais e de mercado em torno de objetivos relacionados ao acesso, à monetização e à expansão do serviço.

Constata-se que o grafo de convergência não revela fragmentação significativa do sistema, mas sim a formação de núcleos de alinhamento estratégico, sugerindo a existência de bases favoráveis à cooperação entre os atores. Ainda que diferenças de prioridade e intensidade estejam presentes, a predominância de convergências reforça a interpretação de que o sistema analisado apresenta elevado potencial de coordenação e baixo grau de antagonismo estrutural.

Tabela 12 — Matriz de convergências

3CAA	Crédito	Plataforma	Infraestr	eVTOL	Universida	Agências	Público
Crédito	0,0	7,7	11,8	11,8	9,3	22,9	10,2
Plataforma	7,7	0,0	7,9	7,2	4,4	16,7	8,8
Infraestr	11,8	7,9	0,0	12,7	10,9	29,6	12,5
eVTOL	11,8	7,2	12,7	0,0	10,9	29,6	13,2
Universida	9,3	4,4	10,9	10,9	0,0	29,2	11,6
Agências	22,9	16,7	29,6	29,6	29,2	0,0	29,1
Público	10,2	8,8	12,5	13,2	11,6	29,1	0,0
Número de convergências	73,6	52,6	85,4	85,4	76,4	157,1	85,3
Grado de convergencia (%)	0,0						

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Tabela 13 – Matriz de divergência é gerada a partir da comparação sistemática das posições valoradas dos atores em relação aos objetivos estratégicos, considerando situações em que poderiam ocorrer posicionamentos opostos frente a um mesmo objetivo. Observa-se que essa matriz utiliza a mesma base de dados da análise de convergência — a matriz atores × objetivos —, porém com foco exclusivo na identificação de incompatibilidades estratégicas entre os atores.

No entanto, ao analisar os resultados apresentados na Tabela 13, verifica-se que não se identificam divergências relevantes entre os atores, resultando em uma matriz de divergência nula. Isso significa que, para os objetivos estratégicos considerados, não foram atribuídos posicionamentos de oposição significativa entre os atores, ou seja, não há casos em que um ator se posicione de forma contrária a outro em relação aos mesmos objetivos.

A partir da Tabela 13, o software MACTOR gera a Figura 35 – Mapa de divergência, cuja leitura reforça esse resultado. Observa-se que o mapa não apresenta ligações representativas de oposição entre os atores, evidenciando a ausência de tensões estratégicas estruturadas no sistema analisado. A inexistência de conexões de divergência indica que não há pares de atores com interesses antagônicos relevantes no conjunto de objetivos avaliados.

Constata-se que esse resultado é coerente com as análises anteriores de convergência, posicionamento por objetivo e prioridades estratégicas, nas quais se observou predominância de posicionamentos favoráveis e compatíveis entre os atores. A divergência nula sugere que, embora existam diferenças de prioridade e intensidade de apoio, os objetivos estratégicos não são percebidos como excludentes ou conflitantes pelos atores envolvidos.

Assim, a análise conjunta da Tabela 13 – Matriz de divergência e da Figura 35 – Mapa de divergência indica que o sistema analisado apresenta elevado grau de alinhamento estratégico, sem a presença de conflitos estruturais entre os atores. Esse resultado reforça a interpretação de que o ambiente analisado é favorável à coordenação, à cooperação institucional e à implementação progressiva dos objetivos estratégicos, reduzindo a probabilidade de bloqueios decorrentes de antagonismos entre os atores.

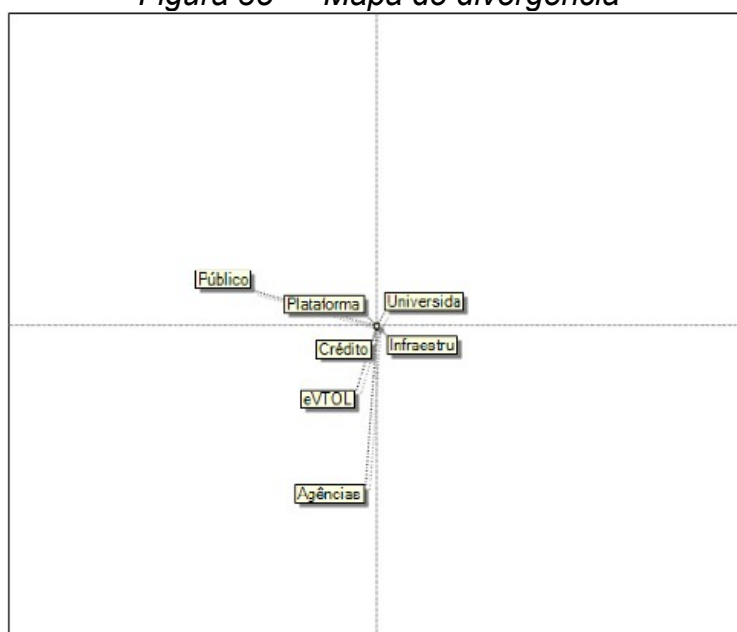
Tabela 13 — Matriz de divergência

3DAA	Crédito	Plataforma	Infraestr	eVTOL	Universida	Agências	Público
Crédito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plataforma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Infraestr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
eVTOL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Universida	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agências	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Público	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Número de divergencias	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grado de divergencia (%)	0,0						

© LIPSOR-EPITA-MACTOR

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 35 — Mapa de divergência



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Figura 36 – Plano de correspondências atores/objetivos é gerada a partir da aplicação da análise de correspondências sobre a matriz de posições valoradas dos atores em relação aos objetivos estratégicos, ponderada pelos pesos e influências identificados nas etapas anteriores do método MACTOR. Observa-se que esse plano projeta simultaneamente atores e objetivos em um espaço bidimensional, no qual a proximidade espacial indica maior correspondência estratégica, enquanto distâncias

maiores sugerem menor alinhamento relativo.

O funcionamento do plano baseia-se na decomposição da variância dos dados em eixos fatoriais que concentram as principais estruturas de relacionamento do sistema. Dessa forma, a posição relativa de cada ator e de cada objetivo reflete padrões de alinhamento, similaridade de interesses e complementaridade estratégica, permitindo uma leitura sintética das dinâmicas identificadas nas matrizes anteriores.

Ao analisar a Figura 36, observa-se que o plano se organiza de maneira predominante em três grandes blocos, que refletem agrupamentos coerentes entre atores e objetivos, compatíveis com seus papéis institucionais e estratégicos no sistema analisado.

No bloco superior esquerdo, concentram-se os atores empreendedores e estruturantes do sistema, associados principalmente aos atores Crédito, Infraestrutura e eVTOL. Verifica-se que esse agrupamento se alinha fortemente a objetivos relacionados ao desenvolvimento tecnológico, ao financiamento e à regulamentação, evidenciando a centralidade desses objetivos para a viabilização material e econômica do sistema. A proximidade entre esses atores e objetivos indica forte correspondência entre capacidade de ação, interesse estratégico e dependência mútua para o avanço do sistema.

O bloco inferior esquerdo é ocupado predominantemente por atores com foco no desenvolvimento institucional e intelectual do sistema, destacando-se as Universidades e as Agências reguladoras. Observa-se que esses atores se associam mais fortemente a objetivos relacionados à formação de capital humano, à produção de conhecimento, à certificação e à garantia de segurança operacional. Essa configuração espacial reflete o papel desses atores como sustentadores normativos e cognitivos do sistema, responsáveis por assegurar a legitimidade técnica, científica e regulatória das operações.

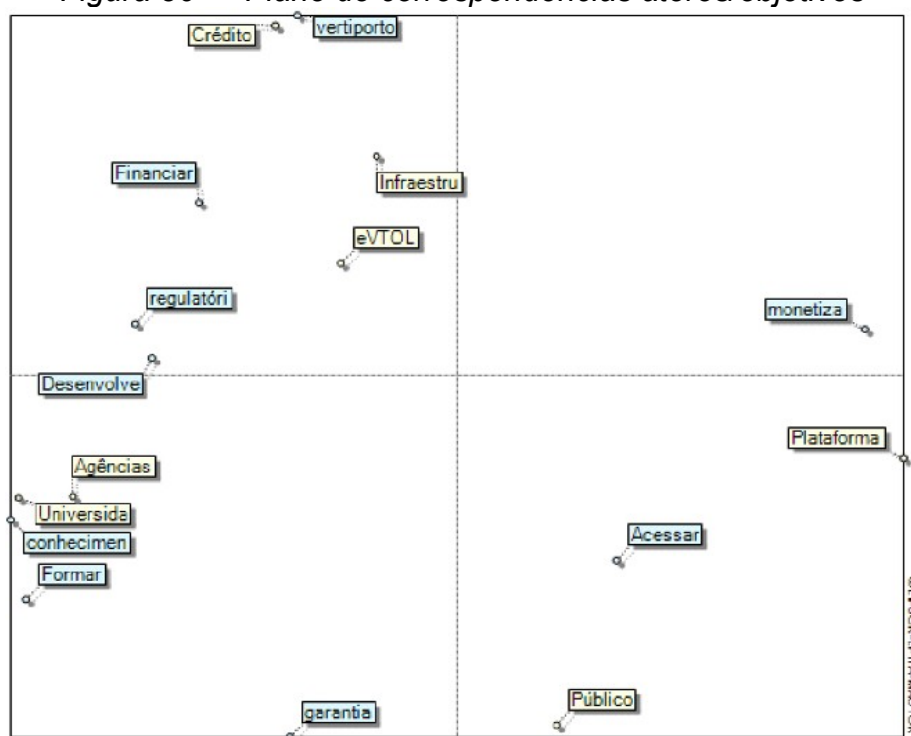
Já os blocos situados à direita do plano concentram atores mais diretamente relacionados à interface com o usuário final e ao mercado, notadamente a Plataforma e o Público. Verifica-se que esses atores apresentam forte correspondência com objetivos ligados ao acesso ao serviço, à experiência do usuário e à monetização. A

proximidade entre Plataforma e Público indica interesses correlatos, ainda que não idênticos: enquanto a plataforma busca capturar valor econômico por meio da oferta do serviço, o público prioriza conveniência, acessibilidade e percepção de segurança. Essa convergência reforça a interdependência entre esses atores na consolidação da demanda.

Constata-se que a disposição dos blocos no plano não evidencia antagonismos ou polarizações extremas, mas sim uma diferenciação funcional entre grupos de atores e objetivos. As distâncias observadas devem ser interpretadas como diferenças de prioridade e de foco estratégico, e não como oposição, resultado coerente com a divergência nula identificada nas etapas anteriores do método.

Dessa forma, a Figura 36 cumpre papel integrador na aplicação do MACTOR, ao sintetizar visualmente as relações entre atores e objetivos e ao evidenciar a estrutura interna do sistema em termos de blocos estratégicos. Essa representação consolida as análises de convergência, posicionamento e influência, oferecendo uma leitura sistêmica que facilita a compreensão das dinâmicas que condicionam a evolução do sistema analisado.

Figura 36 — Plano de correspondências atores/objetivos



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

9.0 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação integrada dos métodos MICMAC e MACTOR permitiu estruturar uma análise sistêmica consistente do problema investigado, articulando, de forma complementar, a dimensão estrutural das variáveis e a dimensão estratégica dos atores. Observa-se que a combinação desses métodos possibilita não apenas identificar os elementos centrais do sistema, mas também compreender quem detém a capacidade efetiva de influenciar sua evolução, bem como os interesses, convergências e limitações associadas a essa influência.

No âmbito do MICMAC, verificou-se que o sistema apresenta estrutura relativamente estável, com predomínio de relações lineares e baixo nível de retroalimentação difusa. A análise das influências diretas e indiretas evidenciou um conjunto reduzido de variáveis com elevada motricidade, destacando-se o desenvolvimento tecnológico das aeronaves e as normas de certificação como variáveis estruturantes do sistema. Essas variáveis condicionam de forma decisiva o comportamento das demais dimensões, enquanto variáveis como infraestrutura, padrões de voo e autonomia ocupam posições de ligação, sendo simultaneamente influentes e dependentes.

Constata-se que variáveis associadas à aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais, embora amplamente reconhecidas na literatura como críticas para a viabilidade do conceito analisado, apresentaram motricidade limitada no sistema-problema estudado. Esse resultado indica que tais variáveis assumem papel mais reativo do que indutor, atuando predominantemente após a consolidação das dimensões tecnológicas, regulatórias e operacionais. Assim, o MICMAC revela uma lógica estrutural na qual a aceitação social emerge como consequência do sucesso prévio das demais variáveis, e não como fator primário de indução.

No âmbito do MACTOR, a análise das influências diretas e indiretas entre os atores confirmou a assimetria de poder observada na estrutura das variáveis. Verifica-se que os atores regulatórios (Agências) e os atores financeiros (Crédito) ocupam posições de elevada motricidade e baixa dependência, configurando-se como atores dominantes do sistema. Esses atores exercem poder estrutural sobre a evolução do

sistema, seja por meio do controle normativo e certificatório, seja pela capacidade de viabilizar ou restringir fluxos financeiros.

As empresas de eVTOL e de infraestrutura posicionam-se como atores de ligação, desempenhando papel central na operacionalização do sistema, porém fortemente condicionadas por decisões regulatórias e financeiras. As plataformas de mobilidade e o público aparecem como atores mais dependentes, com influência indireta relevante, mas limitada, reforçando a interpretação de que a dinâmica do sistema é majoritariamente orientada de cima para baixo, a partir de decisões institucionais e estruturais.

A leitura cruzada entre MICMAC e MACTOR evidência forte coerência metodológica entre os resultados. Observa-se que as variáveis identificadas como motrizes no MICMAC correspondem diretamente aos domínios de atuação dos atores dominantes no MACTOR. O desenvolvimento tecnológico das aeronaves relaciona-se diretamente à atuação dos fabricantes de eVTOL e à dependência destes em relação ao financiamento e à certificação. As normas de certificação, por sua vez, refletem o papel central das agências reguladoras, cuja posição dominante no MACTOR confirma sua capacidade de condicionar todo o sistema.

Da mesma forma, as variáveis de ligação identificadas no MICMAC, como infraestrutura, padrões de voo e autonomia, correspondem a atores que ocupam posições intermediárias no MACTOR, atuando como elos entre decisões estruturais e a materialização do sistema. Já as variáveis com menor motricidade no MICMAC, como a aceitação pública, encontram correspondência em atores que, no MACTOR, apresentam elevada dependência e influência indireta, reforçando a consistência entre a lógica estrutural e a lógica estratégica.

No que se refere aos objetivos estratégicos, a análise MACTOR revelou elevado grau de convergência entre os atores e divergência nula, indicando que o sistema analisado não apresenta conflitos estruturais relevantes. Observa-se que os atores priorizam objetivos coerentes com seus papéis institucionais, e que esses objetivos não são percebidos como excludentes ou antagônicos. Esse resultado reforça a interpretação de que as principais barreiras à evolução do sistema não residem em conflitos de interesse, mas sim em condicionantes estruturais, como

maturidade tecnológica, capacidade regulatória e disponibilidade de financiamento.

Dessa forma, a integração entre MICMAC e MACTOR permite concluir que a evolução do sistema analisado depende menos de negociação política entre atores com interesses opostos e mais da coordenação sequencial entre variáveis estruturantes e atores dominantes. O avanço tecnológico e regulatório surge como condição necessária para a ativação das demais dimensões, enquanto a aceitação social e a consolidação do mercado tendem a ocorrer como etapas subsequentes.

Em síntese, a aplicação combinada dos métodos MICMAC e MACTOR demonstrou-se adequada para revelar tanto a arquitetura estrutural do sistema quanto a distribuição estratégica de poder entre os atores, oferecendo uma leitura integrada, coerente e robusta do sistema-problema. Essa abordagem contribui para uma compreensão aprofundada das dinâmicas que condicionam a evolução do sistema analisado e fornece subsídios consistentes para análises prospectivas, e apoio à tomada de decisão estratégica.

10 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Conclui-se que a MAU se apresenta como um fenômeno multidimensional complexo. Os achados da RSL evidenciam campos diversos a serem desenvolvidos para o sucesso do conceito, entre eles o desenvolvimento tecnológico, infraestrutura, aspectos legais e regulatórios, sociais etc. Notou-se um crescimento substancial no interesse da academia sobre o tema e uma divisão semelhante nas quantidades de pesquisas conforme temas.

Em síntese, os resultados obtidos permitem afirmar que a modelagem prospectiva não se limitou a reproduzir os elementos identificados na revisão sistemática de literatura, mas contribuiu para confirmá-los, refiná-los e, em certa medida, reposicioná-los analiticamente. A revisão já indicava que a mobilidade aérea urbana deveria ser compreendida como um sistema sociotécnico complexo, dependente da articulação entre dimensões tecnológicas, regulatórias, econômicas, infraestruturais e sociais. A aplicação dos métodos MICMAC e MACTOR confirmou essa compreensão ao evidenciar a centralidade das variáveis associadas à certificação, ao desenvolvimento tecnológico e às condições de suporte ao sistema, bem como o papel decisivo de atores situados nos domínios regulatório, financeiro e tecnológico. Ao mesmo tempo, a modelagem refinou as tendências apontadas pela literatura ao distinguir com maior precisão os atores que exercem influência direta, aqueles cuja atuação se dá predominantemente por mediação indireta e aqueles cuja relevância permanece condicionada a fatores estruturais do sistema. Dessa forma, os resultados não apenas corroboram a base analítica fornecida pela revisão, mas ampliam sua capacidade explicativa ao revelar, de maneira relacional, como se distribuem poder, dependência e coordenação no processo de consolidação da mobilidade aérea urbana.

No âmbito aplicado, os resultados evidenciam que a evolução da mobilidade aérea urbana depende prioritariamente do avanço coordenado entre desenvolvimento tecnológico, capacidade regulatória e disponibilidade de financiamento, indicando que as principais barreiras à consolidação do setor possuem natureza estrutural, e não predominantemente política ou social. Essa constatação oferece subsídios relevantes para a formulação de estratégias organizacionais e institucionais.

Para empresas do setor, especialmente fabricantes de eVTOL, operadores de mobilidade e empresas de infraestrutura, os resultados contribuem para o direcionamento de investimentos e priorização estratégica, ao indicar quais variáveis exercem maior influência sobre a evolução do sistema e quais dependem da maturação prévia de fatores estruturantes. Além disso, a identificação das relações de dependência entre atores permite compreender melhor os riscos associados à regulação, certificação e financiamento do setor.

Para o mercado e investidores, o estudo fornece uma leitura estruturada das dinâmicas de consolidação da mobilidade aérea urbana, permitindo identificar os agentes com maior capacidade de influência sistêmica e os elementos críticos para a viabilidade econômica do ecossistema. Dessa forma, os resultados podem auxiliar processos de avaliação de risco, definição de prioridades de investimento e análise de maturidade do setor.

No campo das políticas públicas e da regulação, a pesquisa oferece evidências relevantes para órgãos reguladores e formuladores de políticas ao demonstrar o papel central das estruturas normativas e certificatórias na indução da evolução do sistema. Os resultados indicam que políticas voltadas ao fortalecimento da capacidade regulatória, harmonização normativa, estímulo ao desenvolvimento tecnológico e coordenação institucional tendem a exercer impacto mais significativo sobre a consolidação da mobilidade aérea urbana do que ações focadas exclusivamente na aceitação pública ou em aspectos mercadológicos isolados.

Não obstante os resultados alcançados, convém assinalar que esta pesquisa apresenta limitações associadas tanto ao caráter analítico da modelagem empregada quanto ao próprio recorte necessário à investigação de um fenômeno ainda emergente e de elevada complexidade. A mobilidade aérea urbana envolve interações que extrapolam dimensões estritamente tecnológicas ou regulatórias, podendo assumir configurações distintas conforme variáveis territoriais, institucionais, econômicas e sociais.

Além disso, importa destacar que o estudo foi fundamentado em dados secundários, circunstância que impõe cautela na interpretação dos resultados e impede a generalização dos achados para outros contextos de forma automática.

Desse modo, as conclusões devem ser compreendidas nos limites do material analisado, das escolhas metodológicas adotadas e do estágio de desenvolvimento do próprio setor investigado. Nessa perspectiva, abre-se espaço para o desenvolvimento de estudos futuros que ampliem a densidade empírica da análise, aprofundem a elaboração de cenários prospectivos e explorem, em maior detalhe, os efeitos contextuais, os arranjos locais de implementação e as múltiplas trajetórias de consolidação do setor.

11 REFERÊNCIAS

AGUIAR, T. L.; ASSIS, R.; FOLHES, R.; NORA, E. L. Cenários e modelos de desmatamento para a Amazônia. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/268743902>. Acesso em: 27 jul. 2024.

AIRBUS. Keeping it down while up in the sky. 2024. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2024-02-keeping-it-down-while-up-in-the-sky>. Acesso em: 09 mar. 2026.

AIRBUS. The art of rotorcraft. Marignane: Airbus Helicopters, 2024. Disponível em: https://mediaassets.airbus.com/pm_38_741_741687-vh9ei975v1.pdf. Acesso em: 09 mar. 2026.

SOARES, Airtton José de Oliveira. O uso de cenários prospectivos na elaboração de políticas e estratégias de defesa. 2023. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/13107/1/MO%201087%20%20AIRT%20ON%20Jos%C3%A9%20de%20Oliveira%20Soares.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ANAC. Advanced Air Mobility: Panorama e Perspectivas. Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/noticias/2023/anacpublica-estudo-sobre-mobilidade-aerea-urbana>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ARCADE, Jacques; GODET, Michel; MEUNIER, Francis; ROUBELAT, Fabrice. Structural analysis with the MICMAC method & Actor's strategy with MACTOR method. Futures Research Methodology, v. 1, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/384888027_A_new_approach_to_MACTOR_considering_interaction_effects_An_example_from_the_telecommunications_industry_in_Turkey. Acesso em: 09 mar. 2026.

ASSIS, Bruna Ferreira de Souza Pereira; PEREIRA, Deivison Silveira; MACHADO, Luciana Gonçalves; GOMES, Carlos Francisco Simões. Cenários prospectivos na aviação comercial brasileira. Revista GEINTEC, v. 7, n. 1, p. 3686-3700, 2017. DOI: 10.7198/S2237-072220170001008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314950843_CENARIOS_PROSPECTIVOS_NA_AVIACAO_COMERCIAL_BRASILEIRA_PROSPECTIVE_SCENARIOS_FOR_BRAZILIAN_COMMERCIAL_AVIATION. Acesso em: 09 mar. 2026.

ATECH. Governance - Mobilidade Urbana. São José dos Campos: Atech - Grupo Embraer, 2024. Disponível em: <https://www.atech.com.br/downloads/>. Acesso em: 09 mar. 2026.

BABETTO, A.; KIRSTER, J.; DENG, M.; HUSEMAN, E.; STUMPF, E. Adoption of the Urban Air Mobility System: Analysis of technical, legal and social aspects from a European perspective. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2941198X24000216>. Acesso em: 27 jul. 2024.

BACCHINI, Alessandro; CESTINO, Enrico. Electric VTOL configurations comparison. Aerospace, v. 6, n. 3, art. 26, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2226->

4310/6/3/26.Acesso em: 09 mar. 2026.

BASSI, Nadia Schmidt; SILVA, Christian Luiz da; IEIS, Fabiana; POIT, Daniel Rodrigues. O uso de estudos prospectivos na elaboração do planejamento estratégico de uma instituição científico-tecnológica brasileira. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, DF, v. 18, n. 37, p. 173-192, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://cdi.mecon.gov.br/bases/doc/parceriasest/37.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2026.

BARBANO, M.; COSTA, V. Implementing Urban Air Mobility in a Multi-Level Regulatory Framework: Perspectives from the EU. 2023 Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10156184>. Acesso em: 24 jun. 2025.

BLOIS, Henrique Dias; SOUZA, João Carlos. Cenários prospectivos e a dinâmica de sistemas: proposta de um modelo para o setor calçadista. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 35-45, out./dez. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/hYQTCdQvp4rFfmgxZTYj84q/?lang=pt>. Acesso em: 26 mar. 2026.

BORDALO. Estudo transversal e/ou longitudinal. *Revista Paraense de Medicina*, Belém, v. 20, n. 4, p. 5–10, dez. 2006. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/pdf/rpm/v20n4/v20n4a01.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

BORGES, Eugênio da Cunha. Cenário prospectivo do setor automobilístico brasileiro até o ano de 2050. 2022. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/29832>. Acesso em: 20 jun. 2025.

BORJESON, M.; HOJER, K.; DREBORG, K. H.; FINNVEDEN, G. Towards a user's guide to scenarios - a report on scenario types and scenario techniques. Suécia, outubro 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328705002132>. Acesso em: 27 jul. 2024.

BRÜHL, Robert; FRICKE, Hartmut; SCHULTZ, Michael. Air taxi flight performance modeling and application. Fourteenth USA/Europe ATM R&D Seminar (ATM2021), 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354887685_Air_taxi_flight_performance_modeling_and_application. Acesso em: 24 jun. 2025.

CANONGIA, Claudia et al. Foresight, inteligência competitiva e gestão do conhecimento: instrumentos para a gestão da inovação. *Gestão & Produção*, v. 11, n. 2, p. 231-238, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/gp/v11n2/a09v11n2.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2026.

CARDOSO, Suzana Helena Silva Braga; OLIVEIRA, Marcus Vinícius Ramalho de; GODOY, José Rui Simons. eVTOL certification in FAA and EASA performance-based regulation environments: a bird strike study-case. *Journal of Aerospace Technology and Management*, São José dos Campos, v. 14, e2122, 2022. DOI: 10.1590/jatm.v14.1271. Disponível em: <https://jatm.com.br/jatm/article/view/1271>. Acesso em: 10 mar. 2026.

CARVALHO, Eric Bremm de; GOMES, Carlos Francisco Simões; COSTA, Igor

Pinheiro de Araújo; SANTOS, Marcos dos. Análise de cenários prospectivos: um estudo sobre a aviação nacional. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352506217_Analise_de_Cenarios_Prospetivos_um_estudo_sobre_a_Aviacao_Nacional. Acesso em: 24 jun. 2025.

CATM. Usability of Urban Air Mobility: Quantitative and Qualitative Assessments of Usage in Emergency. 2021. Disponível em: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/62531/%2042%20dot_62531_DS1.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

CIZRELIOĞULLARI, Mehmet Necati; BARUT, Pınar; İMANOV, Tapdig. Future air transportation ramification: Urban Air Mobility (UAM) concept. *Prizren Social Science Journal*, v. 7, n. 1, p. 88-98, 2023. Disponível em: <https://prizrenjournal.com/index.php/PSSJ/article/view/335/172>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ÇETIN, Ender; CANO, A.; DERANSY, R.; TRES, S.; BARRADO, C. Implementing mitigations for improving societal acceptance of Urban Air Mobility. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2504-446X/6/2/28>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CHANCEY, Eric Thomas; POLITOWICZ, Michael S. Public trust and acceptance for concepts of remotely operated Urban Air Mobility transportation. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2020. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20205007339>. Acesso em: 09 mar. 2026.

CIVITAS. UAM Foresight Scenarios Knowledge Guidance. 2020. Disponível em: <https://civitas.eu/tool-inventory/uam-foresight-scenarios-knowledge-guidance>. Acesso em: 24 jun. 2025.

COHEN, Adam; SHAHEEN, Susan. Urban Air Mobility: Opportunities and Obstacles. 2021. Disponível em: <https://escholarship.org/content/qt0r23p1gm/qt0r23p1gm.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

COKORILO, Olja. Urban Air Mobility: Safety challenges. *Transportation Research Procedia*, v. 48, p. 2975–2986, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520301083>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CRUZ, Cyro André. A mobilidade aérea urbana e os desafios para o controle do espaço aéreo brasileiro. 2021. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1463>. Acesso em: 24 jun. 2025.

DICKEL, Deise. Modelagem para mensuração da inovação no setor de construção naval e offshore brasileiro. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280148854_Modelagem_para_mensuracao_da_inovacao_no_setor_de_construcao_naval_e_offshore_brasileiro. Acesso em: 24 jun. 2025.

DI MASCIO, Paola; DEL SERRONE, Giulia; MORETTI, Laura. Vertiports: the infrastructure backbone of advanced air mobility—a review. *Eng*, v. 6, n. 5, art. 93, 2025. DOI: 10.3390/eng6050093. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673->

4117/6/5/93. Acesso em: 10 mar. 2026.

EASA. Artificial Intelligence Roadmap 2.0: Human-centric approach to AI in aviation. Agência Europeia para a Segurança da Aviação, 2023. Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EHANG. EHang 216 AAV conducted trial flights in Japan. 2021. Disponível em: <https://www.ehang.com/news/search/keyword/EHang%20216/>. Acesso em: 09 mar. 2026.

EHANG. UAM - Passenger Autonomous Aerial Vehicle (AAV). 2021. Disponível em: <https://www.ehang.com/ehangaav/>. Acesso em: 09 mar. 2026.

EMBRAER. Eve Air Mobility presents Vector and provides updates on Urban Air Traffic Management solution. 2021. Disponível em: <https://www.embraer.com/media-center/en/?detail=13833&mediatype=NEWS>. Acesso em: 09 mar. 2026.

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe. Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/en/fullreport-study-societal-acceptance-urban-air-mobility-europe>. Acesso em: 27 jul. 2024.

EUROPEAN INVESTMENT BANK. The EIB guide to finance for drone projects. Luxembourg: European Investment Bank, 2022. Disponível em: <https://www.eib.org/en/publications/the-eib-guide-to-finance-for-drone-projects>. Acesso em: 10 mar. 2026

EVE AIR MOBILITY. Eve's final eVTOL airworthiness criteria published by ANAC. 2022. Disponível em: <https://www.embraer.com/media-center/en/?detail=14894&mediatype=NEWS>. Acesso em: 09 mar. 2026.

FAA. Memorandum. Federal Aviation Administration, 2024. Disponível em: <https://www.faa.gov>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FAA. Regulatory Gaps and Lack of Consensus Hindered FAA's Progress in Certifying Advanced Air Mobility Aircraft, and Challenges Remain. 2023. Disponível em: <https://www.oig.dot.gov/library-item/39534>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FARAZI, Nahid Parvez; ZOU, Bo. Planning electric vertical takeoff and landing aircraft (eVTOL)-based package delivery with community noise impact considerations. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v. 189, p. 103661, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103661>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Concept of Operation. Disponível em: https://www.faa.gov/airports/planning_capacity/non_federal/remote_tower_systems/rts_conops. Acesso em: 27 jul. 2024.

FILHO, J. B. A política comercial brasileira e as barreiras impostas às exportações de carne de frango: uma aplicação do método MICMAC. 2016. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/2231?mode=full>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FISCHER, André Luís. Novas abordagens para o uso das ferramentas clássicas de planejamento de cenários. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/312398499_Novas_Abordagens_para_o_Uso_das_Ferramentas_Classicas_de_Planejamento_de_Cenarios. Acesso em: 3 nov. 2024.

FLEURY, Maria Tereza Leme; WERLANG, Sergio R. C. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. *Revista de Administração Pública*, FGV-EAESP. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/apgvpesquisa/article/view/72796/69984>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FONSECA, Laís Sant'Anna; OLIVEIRA, Cristiano Manhães de; AZEVEDO FILHO, Edson Terra. A prospectiva estratégica e o método dos cenários de Godet: um mapeamento sistemático. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, v. 17, n. 2, p. 103-121, 2018. Disponível em: <https://www.revistaiberoamericana.org/ojs/index.php/iberoamericana/article/view/1863>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FONSECA, João José Saraiva. Metodologia da pesquisa científica. Disponível em: <http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). DECEA atua no Controle de Tráfego Aéreo de Helicópteros do Brasil. *Notícia FAB*, publicada em 05 jan. 2024. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/imprime/42044/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FREEMAN, Kenneth; GARCIA, Steve W. *Cyber Threats and Security Controls Analysis for Urban Air Mobility Environments*. 2021. Acesso em: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205011059/downloads/Cyber%20Threats%20and%20Security%20Controls%20Analysis%20for%20Urban%20Air%20Mobility%20Environments%202020-12-03_Final.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

GALVÃO, T.; RICARTE, I. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion*, v. 6, 2019. Disponível em: <https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835/4187>. Acesso em: 3 nov. 2024.

GODET, Michel. *From anticipation to action: a handbook of strategic prospective*. Paris: UNESCO Publishing, 1994. Disponível em: https://books.google.com/books/about/From_Anticipation_to_Action.html?id=Ag1mAAAAMAAJ. Acesso em: 09 mar. 2026.

GOL LINHAS AÉREAS. GOL lançará malha aérea com 250 aeronaves eVTOL no Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.voegol.com.br/nh/1785>. Acesso em: 09 mar. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. Guia para elaboração de artigo de revisão sistemática. 2017. Disponível em: https://arquivos.ufma.br/arquivos/2022162099c496209400864848b176c24/GUIA_DE_REVISAO_SISTEMATICA.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

ICAO. Emerging aviation issues. Montréal: International Civil Aviation Organization, 2018. Disponível em: https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/annual-report-2018/Documents/Supplement_en.pdf. Acesso em: 09 mar. 2026.

IPEA; ASSECOR. Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7910>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ILHAMI, W. T.; ARIFIN, Hadi Susilo; PRAMUDYA, Bambang; KOSMARYANDI, N. Sustainable scientific tourism development planning using Micmac-Mactor in Bogor City, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 757-770, 2024. DOI: 10.29244/jpsl.14.4.757. Disponível em: <https://journal.ipb.ac.id/jpsl/article/view/53070>. Acesso em: 10 mar. 2026.

JOBY AVIATION. Electric air taxi for zero-emission travel. 2024. Disponível em: <https://www.jobyaviation.com/>. Acesso em: 09 mar. 2026.

JOBY AVIATION. Investor presentation. 2021. Disponível em: <https://ir.jobyaviation.com/sec-filings/all-sec-filings/content/0001193125-21-053631/d135823dex992.htm>. Acesso em: 09 mar. 2026.

KIM, JungHoon. Urban Air Mobility Noise: Further Considerations on Indoor Space. *Sustainability*, v. 14, n. 4, p. 2041, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14042041>. Acesso em: 24 jun. 2025.

LEVERTON, John W. Helicopter noise: what is the problem? 2015. Disponível em: <https://lahelicopternoise.org/wp-content/uploads/2015/06/Helicopter-NoiseJune-2015.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

LIU, Yang; LYU, Cheng; BAI, Fan; PARISHWAD, Omkar; LI, Ying. The role of intelligent technology in the development of urban air mobility systems: A technical perspective. *Fundamental Research*, v. 4, n. 5, p. 1017–1024, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2023.08.006>. Acesso em: 24 jun. 2025.

LONG, Qi et al. Demand analysis in urban air mobility: A literature review. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969699723000790>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MAHONEY, Joseph T.; PANDIAN, J. Rajendran. The resource-based view within the conversation of strategic management. *Strategic Management Journal*, v. 13, n. 5, p. 363-380, 1992. Disponível em: <https://sms.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250130505>. Acesso em: 09 mar. 2026.

MARCIAL, Elaine Coutinho. Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2002. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=2WII9khXJ-wC>. Acesso em: 09 mar. 2026.

MATHUR, Akshay; PANESAR, Karanvir; KIM, Joseph; ATKINS, Ella M.; SARTER, Nadine. Paths to autonomous vehicle operations for urban air mobility. In: AIAA AVIATION 2019 FORUM, 17-21 jun. 2019, Dallas, TX. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2019. DOI: 10.2514/6.2019-3255. Disponível em:

<https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2019-3255>. Acesso em: 10 mar. 2026.

MAYERHOFF, Zea Duque Vieira Luna. Uma análise sobre os estudos de prospecção tecnológica. *Cadernos de Prospecção*, v. 1, n. 1, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/3538>. Acesso em: 09 mar. 2026.

MAZZEO, Francesco et al. Performance analysis and conceptual design of lightweight UAV for Urban Air Mobility. *Aeronautical Journal*, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/aer.2024.12>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001. Disponível em: https://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1428/minayo__2001.pdf. Acesso em: 09 mar. 2026.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Cenários de defesa 2020 – 2030: sumário executivo. 2017. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-edefesa/cenario-de-defesa-2020-2039-sumario-executivo. Acesso em: 24 jun. 2025.

MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas G.; THE PRISMA GROUP. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, v. 6, n. 7, e1000097, 2009. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article/file?id=10.1371%2Fjournal.pmed.1000097&type=printable>. Acesso em: 09 mar. 2026.

MORITZ, Gilberto de Oliveira; PEREIRA, Maurício Fernandes. Planejamento de cenários: a evolução do pensamento prospectivo. 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2735/273520147007.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

NASCIMENTO, Francisco Paulo do. Classificação da pesquisa: natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. Disponível em: <https://www.franciscopaulo.com.br/arquivos/Classificando%20a%20Pesquisa.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Urban Air Mobility (MAU) Vision Concept of Operations (ConOps) MAU Maturity Level (UML) – 4. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210010443/downloads/MAU%20Vision%20ConOps%20Overview%20Presentation%2018DEC2020.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2024.

OLIVARES, Gerardo. Urban Air Mobility Study: Safety Standards, Aircraft Certification, and Impact on Market Feasibility and Growth Potentials. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368235070_Urban_Air_Mobility_Study_Safety_Standards_Aircraft_Certification_and_Impact_on_Market_Feasibility_and_Growth_Potentials. Acesso em: 24 jun. 2025.

PALAIA, Giuseppe et al. A conceptual design methodology for e-VTOL aircraft for Urban Air Mobility. *Progress in Aerospace Sciences*, v. 126, p. 100849, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2021.100849>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PEREZ, Daniel; ZOU, Bo; FARAZI, Nahid Parvez. Package delivery by electric vertical takeoff and landing aircraft? An attractiveness assessment. *Journal of Air Transport Management*, v. 124, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102731>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PINHEIRO, Júlio César; MARINHO, Sidnei Vieira. Estudos de prospecção na indução de políticas públicas: análise bibliométrica das produções científicas. 2023. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3211/321177219022/html/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

POLACINSKI, Édio. Prospecção estratégica de Godet: processo de aplicação para arranjos produtivos locais. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94904>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PORTER, Michael E. A vantagem competitiva das nações. Rio de Janeiro: Campus, 1989. Disponível em: <https://www.estantevirtual.com.br/busca/a-vantagem-competitiva-das-nacoes-m.-porter>. Acesso em: 09 mar. 2026.

PORTER, Michael E. Competição: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Campus, 1999. Disponível em: <https://www.estantevirtual.com.br/livro/competicao-estrategias-competitivas-essenciais-FV8-7759-000-BK>. Acesso em: 09 mar. 2026.

PORTER, Michael E. Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. New York: Free Press, 1985. Disponível em: https://books.google.com/books/about/Competitive_Advantage.html?id=_Fu1AAAAIAAJ. Acesso em: 09 mar. 2026.

PORTER, Michael E. Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors. New York: Free Press, 1980. Disponível em: https://books.google.com/books/about/Competitive_Strategy.html?id=NI21AAAAIAAJ. Acesso em: 09 mar. 2026.

PORTER, Michael E. What is strategy? *Harvard Business Review*, nov./dez. 1996. Disponível em: <https://hbr.org/1996/11/what-is-strategy>. Acesso em: 09 mar. 2026.

RECHE, Cleverton Santos; RAMOS, Heidy Rodriguez; VILS, Leonardo. Cenários prospectivos: um estudo bibliográfico. 2020. Disponível em: <https://www.singep.org.br/6singep/resultado/543.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

REDE COMP - REDE DE COMPETÊNCIAS - REDE DE OBSERVATÓRIOS DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Ficha metodológica, nº 5 - Análise estrutural. 28 jan. 2007. Disponível em: http://www.lapropective.fr/dyn/francais/memoire/texte_fondamentaux/scenarioplanning-managing-for-the-future-ringland-schwartz.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

REICHE, Colleen; COHEN, Adam P.; FERNANDO, Chris. An initial assessment of the potential weather barriers of urban air mobility. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 22, n. 9, p. 6018-6027, 2021. DOI: 10.1109/TITS.2020.3048364. Disponível em:

<https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3048364>. Acesso em: 10 mar. 2026

RINGLAND, Gill. Scenario planning: managing for the future. 1997. Disponível em: http://www.lapropective.fr/dyn/francais/memoire/texte_fondamentaux/scenarioplanning-managing-for-the-future-ringland-schwartz.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

RISTER, Frank; BARTLING, Nils. Flight Training Research Paving the Path for Future eVTOL Pilots. 2023. Disponível em: https://openaccess.cms-conferences.org/publications/book/978-1-958651-91-9/article/978-1-958651-91-9_44. Acesso em: 24 jun. 2025.

ROHRBECK, René; ETINGUE KUM, Menes. Corporate foresight and its impact on firm performance: A longitudinal analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.004>. Acesso em: 24 jun. 2025.

QIAO, Xiaotao; CHEN, Guotao; LIN, Weichao; ZHOU, Jun. The impact of battery performance on urban air mobility operations. *Aerospace*, v. 10, n. 7, art. 631, 2023. DOI: 10.3390/aerospace10070631. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2226-4310/10/7/631>. Acesso em: 10 mar. 2026

MOURA, Rubem A. R.; GOMES, Carlos Francisco Simões. Cenários prospectivos no apoio à decisão: uma proposta de aprimoramento do método de Schoemaker. Rio de Janeiro, out. 2024. Disponível em: https://www.producao.uff.br/images/RPEP_B5.pdf. Acesso em: 27 jul. 2024.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 11, p. 8389, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/>. Acesso em: 3 nov. 2024.

SADRANI, Mohammad; ADAMIDIS, Filippos; GARROW, Laurie A.; ANTONIOU, Constantinos. Challenges in urban air mobility implementation: a comparative analysis of barriers in Germany and the United States. *Journal of Air Transport Management*, v. 126, art. 102780, 2025. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2025.102780. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699725000432>. Acesso em: 10 mar. 2026.

MASCENA, K. M.; SARTURI, K. Evolução dos métodos de cenário. São Paulo, XV SemeAd, out. 2012. Disponível em: <https://sistema.semead.com.br/15semead/resultado/trabalhosPDF/1098.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2024.

SCHOEMAKER, Paul J. H. Scenario planning: a tool for strategic thinking. *Sloan Management Review*, v. 36, n. 2, p. 25-40, 1995. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3726670>. Acesso em: 09 mar. 2026.

SCHUCHARDT, Bianca I.; STOLZ, Maria. Public Acceptance and Noise

Considerations in Urban Air Mobility Research: Intermediate Results of DLR's HorizonUAM Project. 2022. Disponível em: https://elib.dlr.de/187192/1/Schuchardt_HorizonUAM_QuietDrones2022_print.pdf. Acesso em: 24. jun.2025

SCHWARTZ, Peter. A arte da visão de longo prazo: planejando o futuro em um mundo de incertezas. Rio de Janeiro: Best Seller, 2000. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Arte-Visao-Longo-Prazo/dp/8571237069>. Acesso em: 09 mar. 2026.

SCHWARTZ, Peter. The art of the long view. New York: Doubleday/Currency, 1991. Disponível em: https://openlibrary.org/books/OL1862837M/The_art_of_the_long_view. Acesso em: 09 mar. 2026.

SCHWARTZ, Peter. The art of the long view: planning for the future in an uncertain world. New York: Crown, 1996. Disponível em: https://books.google.com/books/about/The_art_of_the_long_view.html?id=fLLtwg777hsC. Acesso em: 09 mar. 2026.

SCHWEIGER, Karolin; PREIS, Lukas. Urban Air Mobility: Systematic Review of Scientific Publications and Regulations for Vertiport Design and Operations. Sustainability, v. 14, n. 12, p. 7563, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14127563>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SECRETARIA DE AVALIAÇÃO E GESTÃO DA INFORMAÇÃO. Introdução aos estudos prospectivos e metodologias de construção de cenários. Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/acesso-a-informacao/gestao-da-informacao/publicacoes/introducao-aos-estudos-prospectivos.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SHAHEEN, Susan A.; FARRAR, Emily. Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential, and Challenges. 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9447255>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SIMMONS, Benjamin M. Rapid aero modeling for urban air mobility aircraft in windtunnel tests. AIAA SciTech Forum, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.2021-1002>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SPADA, Eduardo; FORTE, Sergio Henrique Arruda Cavalcante. Prospective Scenarios of Corporate Universities in Brazil - 2030. Future Studies Research Journal: Trends and Strategies, v. 10, n. 2, p. 188-213, 2018. DOI: 10.24023/FutureJournal/2175-5825/2018.v10i2.368. Disponível em: <https://www.revistafuture.org/FSRJ/article/view/368>. Acesso em: 09 mar. 2026.

TAKACS, Arpad; HAIDEGGER, Tamas. Infrastructural Requirements and Regulatory Challenges of a Sustainable Urban Air Mobility Ecosystem. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/6/747>. Acesso em: 24 jun.2025.

UBER. Uber Elevate: fast-forwarding to a future of on-demand urban air transportation. 2016. Disponível em: <https://www.uber.com/it/it/elevate/vision/>. Acesso

em: 09 mar. 2026.

UGWUEZE, Osita N. et al. Investigation of a mission-based sizing method for electric VTOL aircraft preliminary design. AIAA SciTech Forum, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.2022-1931>. Acesso em: 24 jun. 2025.

VERGARA, Fernán Enrique; CORDEIRO NETTO, Oscar de Moraes. Análise estrutural por meio da metodologia MICMAC aplicada à gestão dos recursos hídricos - o caso da região hidrográfica da UHE Lajeado na bacia do rio Tocantins, Brasil. Revista de Gestão de Águas da América Latina, 2007. Disponível em: <https://revistas.abrhydro.org.br/article.php?Article=847>. Acesso em: 09 mar. 2026.

VERTICAL CONNECT. Experience air mobility. 2023. Disponível em: https://www.verticalconnect.space/download_arquivos.html. Acesso em: 30 jun. 2025.

VOLAKAKIS, Vasileios; MAHMASSANI, Hani S. Vertiport infrastructure location optimization for equitable access to Urban Air Mobility. Infrastructures, v. 9, n. 12, p. 239, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9120239>. Acesso em: 24 jun. 2025.

WIJAYANTO, Yanuar; FAUZI, Akhmad; RUSTIADI, Ernan; SYARTINILIA. Development of sustainable urban railway service model using Micmac-Mactor: a case study in Jabodetabek Mega-Region Indonesia. International Journal of Sustainable Development and Planning, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 135-146, 2022. DOI: 10.18280/ijstdp.170113. Disponível em: <https://www.iieta.org/journals/ijstdp/paper/10.18280/ijstdp.170113>. Acesso em: 10 mar. 2026

WRIGHT, James Terence C.; SPERS, Renata Giovinazzo. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. Revista de Administração Pública, v. 40, n. 5, p. 907-935, 2006. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6731>. Acesso em: 24 jun. 2025.

YUPA-VILLANUEVA, Renatto M.; MERINO MARTÍNEZ, Roberto; ANDINO CAPPAGLI, Camilo I.; ALTENA, Anique; SNELLEN, Mirjam. Effect of unmanned aerial vehicle configurations on the acoustic and psychoacoustic signatures. In: 30th International Congress on Sound and Vibration (ICSV), 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.2024-3015>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ZHANG, Honghai; LI, Jingyu; FEI, Yuhan; DENG, Cheng; YI, Jia. Capacity assessment and analysis of vertiports based on simulation. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 109, p. 103408, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103408>. Acesso em: 24 jun. 2025.

APÊNDICE A

Interação (Variável → Variável)	Intensidade	Justificativa detalhada
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves → Autonomia das aeronaves	3	O desenvolvimento tecnológico exerce influência direta e determinante sobre a autonomia das aeronaves, uma vez que avanços em propulsão elétrica, densidade energética das baterias, eficiência aerodinâmica e sistemas de gerenciamento de energia definem o alcance, a duração do voo e as margens operacionais disponíveis.
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves → Infraestrutura e vertiportos	3	As características técnicas das aeronaves condicionam diretamente os requisitos de infraestrutura, influenciando o dimensionamento dos vertiportos, sistemas de recarga, capacidade de suporte estrutural, segurança operacional e compatibilidade entre aeronave e solo.
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves → Capacidade de operações em condições adversas	3	Tecnologias avançadas de sensoriamento, navegação, controle de voo, materiais e redundância de sistemas ampliam significativamente a capacidade das aeronaves operarem com segurança em condições meteorológicas adversas.
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves → Aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais	2	O avanço tecnológico contribui indiretamente para a aceitação pública ao reduzir níveis de ruído, aumentar a confiabilidade e a segurança percebida e mitigar impactos ambientais, embora não determine isoladamente a percepção social.
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves → Incentivos fiscais	3	Tecnologias mais maduras e promissoras tendem a atrair maior volume de incentivos fiscais e políticas de fomento, sobretudo em contextos de estímulo à inovação, sustentabilidade e desenvolvimento industrial.
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves → Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	3	O desenvolvimento tecnológico é condição essencial para a viabilização de voos autônomos, envolvendo sistemas de controle, inteligência embarcada, comunicação e integração segura ao gerenciamento do tráfego aéreo.
Desenvolvimento tecnológico das aeronaves → Normas de certificação	2	Tecnologias emergentes exercem pressão moderada sobre os processos de certificação, demandando adaptações regulatórias sem determinar diretamente os marcos normativos.
Autonomia das aeronaves → Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	3	A demanda por maior autonomia retroalimenta o desenvolvimento tecnológico, direcionando investimentos em eficiência energética, novos materiais, arquiteturas de propulsão e armazenamento de energia.
Autonomia das aeronaves → Infraestrutura e vertiportos	3	A autonomia energética influencia diretamente o planejamento, a distribuição e a densidade da infraestrutura, afetando a necessidade de pontos de recarga, manutenção e apoio operacional.
Autonomia das aeronaves → Capacidade de operações em condições adversas	3	Maior autonomia amplia as margens de segurança em condições adversas, permitindo desvios de rota, reservas energéticas adicionais e maior tolerância a atrasos operacionais.
Autonomia das aeronaves → Aceitação pública, privacidade, ruído e	2	A percepção de autonomia adequada contribui para maior confiança pública na viabilidade e confiabilidade do sistema,

aspectos ambientais		ainda que outros fatores sociais também sejam determinantes.
Autonomia das aeronaves → Incentivos fiscais	3	Projetos com maior autonomia tendem a receber maior apoio fiscal por apresentarem melhor desempenho operacional, maior atratividade econômica e potencial de mercado ampliado.
Autonomia das aeronaves → Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	2	A autonomia influencia o planejamento de rotas e a viabilidade de operações autônomas, embora dependa de sistemas complementares de controle e gestão do tráfego.
Autonomia das aeronaves → Normas de certificação	1	A autonomia é considerada nos processos de certificação como um requisito técnico entre vários outros, não constituindo fator normativo central de forma isolada.
Infraestrutura e vertiportos → Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	2	A disponibilidade e as características da infraestrutura influenciam decisões de projeto e adaptação tecnológica das aeronaves, ainda que não determinem integralmente seu desenvolvimento.
Infraestrutura e vertiportos → Autonomia das aeronaves	3	A infraestrutura existente condiciona a autonomia operacional efetiva, especialmente no que se refere à disponibilidade de recarga, manutenção e apoio logístico.
Infraestrutura e vertiportos → Capacidade de operações em condições adversas	3	Infraestruturas adequadas ampliam a capacidade de operação segura em condições adversas ao oferecer proteção, redundância e suporte operacional.
Infraestrutura e vertiportos → Aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais	2	A implantação de vertiportos impacta diretamente a aceitação pública devido a ruído, uso do solo, impactos visuais e desafios de integração urbana.
Infraestrutura e vertiportos → Incentivos fiscais	3	Projetos de infraestrutura demandam investimentos elevados e dependem fortemente de incentivos fiscais e financiamento público para sua viabilização.
Infraestrutura e vertiportos → Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	2	A infraestrutura precisa estar preparada para operações autônomas, embora não seja o principal fator habilitador desse tipo de operação.
Infraestrutura e vertiportos → Normas de certificação	2	Vertiportos e infraestruturas estão diretamente sujeitos a processos normativos e de certificação que condicionam sua operação.
Capacidade de operações em condições adversas → Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	3	A necessidade de operar em condições adversas impulsiona o desenvolvimento tecnológico de sistemas de controle, sensoriamento e redundância.
Capacidade de operações em condições adversas → Autonomia das aeronaves	2	Condições adversas afetam o consumo energético e, consequentemente, influenciam indiretamente a autonomia das aeronaves.
Capacidade de operações em condições adversas → Infraestrutura e vertiportos	3	A infraestrutura deve ser projetada para suportar condições adversas, garantindo continuidade e segurança operacional.
Capacidade de operações em condições	1	A robustez técnica tem impacto limitado e indireto na percepção pública direta do sistema.

adversas → Aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais		
Capacidade de operações em condições adversas → Incentivos fiscais	2	Sistemas mais robustos podem justificar incentivos fiscais em função do aumento da confiabilidade operacional.
Capacidade de operações em condições adversas → Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	2	Operações autônomas exigem confiabilidade em ambientes adversos, influenciando requisitos técnicos.
Capacidade de operações em condições adversas → Normas de certificação	1	A operação em condições adversas constitui apenas um dos múltiplos critérios considerados nos processos de certificação.
Aceitação pública → Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	2	Demandas sociais e ambientais influenciam o direcionamento do desenvolvimento tecnológico.
Aceitação pública → Autonomia das aeronaves	2	A aceitação pública pode limitar ou ampliar o uso efetivo da autonomia disponível.
Aceitação pública → Infraestrutura e vertiportos	2	A rejeição social pode restringir a implantação de infraestrutura em áreas urbanas sensíveis.
Aceitação pública → Capacidade de operações em condições adversas	0	Não há influência direta da aceitação pública sobre capacidades técnicas operacionais.
Aceitação pública → Incentivos fiscais	1	A opinião pública pode influenciar políticas fiscais de maneira indireta e limitada.
Aceitação pública → Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	3	A aceitação pública é condição crítica para a viabilização de voos autônomos, especialmente quanto à confiança em sistemas sem piloto.
Aceitação pública → Normas de certificação	1	Aspectos sociais e ambientais influenciam normas regulatórias de forma gradual e mediada.
Incentivos fiscais → Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	3	Incentivos fiscais viabilizam pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica.
Incentivos fiscais → Autonomia das aeronaves	3	O apoio financeiro acelera o desenvolvimento de soluções voltadas à ampliação da autonomia.
Incentivos fiscais → Infraestrutura e vertiportos	3	Infraestruturas intensivas em capital dependem diretamente de subsídios e incentivos públicos.
Incentivos fiscais → Capacidade de operações em condições adversas	1	O impacto dos incentivos fiscais sobre capacidades operacionais específicas é indireto.
Incentivos fiscais → Aceitação pública, privacidade, ruído e	0	Incentivos fiscais não exercem influência direta sobre a aceitação pública.

aspectos ambientais		
Incentivos fiscais → Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	2	Tecnologias associadas à automação podem ser aceleradas por incentivos direcionados.
Incentivos fiscais → Normas de certificação	0	Processos de certificação são institucionais e independentes dos incentivos fiscais.
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo → Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	2	A demanda por operações autônomas estimula o desenvolvimento tecnológico.
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo → Autonomia das aeronaves	2	Operações autônomas influenciam a autonomia necessária para o cumprimento de rotas planejadas.
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo → Infraestrutura e vertiportos	2	Padrões de tráfego exigem adaptações na infraestrutura, sem determiná-la integralmente.
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo → Capacidade de operações em condições adversas	2	Sistemas autônomos devem lidar com variabilidade ambiental e cenários de contingência.
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo → Aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais	3	A introdução de voos autônomos impacta fortemente a percepção de risco e aceitação pública.
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo → Incentivos fiscais	2	Governos tendem a incentivar tecnologias associadas à automação e eficiência sistêmica.
Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo → Normas de certificação	0	Os voos autônomos são condicionados pelas normas e não exercem influência direta sobre elas.
Normas de certificação → Desenvolvimento tecnológico das aeronaves	3	Requisitos regulatórios condicionam soluções técnicas e escolhas de projeto.
Normas de certificação → Autonomia das aeronaves	3	Requisitos normativos influenciam diretamente a autonomia certificável.
Normas de certificação → Infraestrutura e vertiportos	3	Infraestruturas e vertiportos só podem operar dentro de marcos regulatórios definidos.
Normas de certificação → Capacidade de operações em condições adversas	2	Normas estabelecem critérios mínimos para operação segura em condições adversas.
Normas de certificação → Aceitação pública, privacidade, ruído e aspectos ambientais	2	Normas ambientais e de ruído influenciam positivamente a aceitação pública.
Normas de certificação →	3	Políticas fiscais tendem a se alinhar a prioridades normativas e

Incentivos fiscais		regulatórias.
Normas de certificação → Voos autônomos e padrões de tráfego aéreo	0	Os voos autônomos são condicionados pelas normas, sem influenciá-las diretamente.

APÊNDICE B

Ator Influenciador: Crédito (Agências de Fomento e Investidores)

- Plataforma (Valor 2): *Influência Moderada*. As plataformas digitais são modelos com poucos ativos físicos, dependendo menos de financiamento para infraestrutura pesada, mas ainda necessitando de capital de giro para aquisição de usuários e expansão de mercado.
- Infraestrutura (Valor 3): *Influência Forte*. A infraestrutura possui características de *Project Finance*. A viabilidade de construção de vertiportos depende diretamente de taxas de juros atrativas e longos prazos de amortização, que só o setor de Crédito/Fomento pode oferecer.
- eVTOL (Valor 4): *Influência Existencial (Ameaça)*. Startups de hardware aeronáutico necessitam de capital. Se o ator Crédito cortar o fluxo financeiro, a capacidade de desenvolvimento é altamente afetada. É uma dependência de sobrevivência.
- Universidade (Valor 1): *Influência Limitada*. O fomento financia bolsas e laboratórios de pesquisa, influenciando a capacidade de produção científica, mas não ameaça a existência institucional da universidade.
- Agências (Valor 0): *Nula*. Independência Institucional. O financiador não tem (e não deve ter) ingerência sobre as decisões regulatórias técnicas.
- Público (Valor 0): *Nula*. O público geral não tem relação direta com as fontes de financiamento corporativo do sistema.

Ator Influenciador: Plataforma (Mobilidade como Serviço - MaaS)

- Crédito (Valor 1): *Influência Limitada*. A plataforma gera dados de demanda e receita projetada que auxiliam na análise de risco dos investidores, mas não decide quem recebe crédito.
- Infraestrutura (Valor 2): *Influência Operacional*. A plataforma direciona o fluxo de passageiros. Vertiportos integrados ao app da plataforma recebem mais voos, influenciando a rentabilidade do ativo imobiliário, mas não sua construção física.
- eVTOL (Valor 2): *Influência Comercial*. A plataforma decide quais veículos integrar ao seu serviço. Ser excluído de uma grande plataforma (ex: Uber Aviation) limita o mercado do fabricante, mas o eVTOL pode buscar outros

operadores.

- Universidade (Valor 1): *Influência Limitada*. Fornece dados de mobilidade urbana para estudos acadêmicos (*Big Data*).
- Agências (Valor 0): *Nula*. A plataforma deve obedecer à regulação, sem poder de coerção sobre o regulador.
- Público (Valor 3): *Influência Forte*. A plataforma detém o monopólio da experiência do usuário (*UX*). Ela define o preço dinâmico, a acessibilidade e a conveniência, moldando diretamente o comportamento de consumo e a percepção de valor do público.

Ator Influenciador: Infraestrutura (Vertiportos)

- Crédito (Valor 1): *Influência Limitada*. Ativos reais (imóveis) servem como garantia para operações financeiras, facilitando o acesso ao crédito.
- Plataforma (Valor 4): *Influência Existencial*. Sem locais físicos para pouso e embarque, o serviço digital da plataforma não se materializa. O fechamento da infraestrutura inviabiliza o modelo de negócio da plataforma naquela região.
- eVTOL (Valor 4): *Influência Existencial*. A utilidade do veículo é nula sem um local para pousar e carregar. A infraestrutura é um Ativo Complementar Especializado; sua ausência torna o eVTOL um produto inviável.
- Universidade (Valor 1): *Influência Limitada*. Campo de prova para estudos de logística e engenharia civil.
- Agências (Valor 0): *Nula*. O regulado não manda no regulador.
- Público (Valor 4): *Influência Existencial/Crítica*. A infraestrutura impacta a vida do cidadão na ponta física (trânsito, sombra, ruído na janela). É o ponto de atrito real que determina a qualidade de vida local e gera reações imediatas da comunidade.

Ator Influenciador: eVTOL (Fabricantes)

- Crédito (Valor 1): *Influência Limitada*. O sucesso técnico do eVTOL promete altos retornos financeiros, atraindo investidores, mas o fabricante é o demandante, não o ofertante de capital.
- Plataforma (Valor 4): *Influência Existencial*. O veículo é o núcleo do serviço. Se o eVTOL não for certificado ou falhar, a plataforma não tem produto para

vender. A dependência tecnológica é total.

- Infraestrutura (Valor 4): *Influência Existencial*. O vertiporto é desenhado para o veículo. Se o eVTOL fracassa, o vertiporto vira um "elefante branco" de concreto inútil.
- Universidade (Valor 1): *Influência Limitada*. Demanda pesquisa aplicada e absorve mão de obra qualificada, influenciando a agenda de pesquisa acadêmica.
- Agências (Valor 0): *Nula*. Relação de subordinação. O fabricante obedece às normas.
- Público (Valor 4): *Influência Existencial*. A segurança intrínseca da aeronave é o fator determinante para a confiança. Um acidente com o eVTOL destrói a reputação do sistema inteiro e a disposição do público em voar.

Ator Influenciador: Universidade (Academia)

- Todos os Atores (Valor 1): *Influência Limitada/Indireta*.
- A universidade influencia o sistema ao longo prazo através da formação de capital humano e publicação de estudos que legitimam a tecnologia.
- No entanto, ela não possui poder de veto (*Hard Power*) sobre nenhum ator comercial ou governamental. Ela sugere e estuda, mas não decide nem financia a operação, justificando o grau 1 homogêneo em sua linha.

Ator Influenciador: Agências (Reguladores - ANAC/DECEA)

- Crédito (Valor 1): *Influência Limitada*. A estabilidade regulatória reduz o risco jurídico, encorajando o investimento, mas a agência não interfere na alocação de capital privado.
- Plataforma (Valor 4): *Influência Existencial*. A agência pode proibir a comercialização de voos ou impor restrições operacionais que tornam o modelo de negócio ilegal ou inviável.
- Infraestrutura (Valor 4): *Influência Existencial*. A agência certifica o vertiporto. Sem o "carimbo" regulatório, a estrutura é apenas um prédio, proibida de receber aeronaves.
- eVTOL (Valor 4): *Influência Existencial*. A Certificação de Tipo é a vida ou morte do fabricante. Sem ela, a produção e venda são crimes. O poder da

agência sobre o fabricante é absoluto.

- Universidade (Valor 1): *Influência Limitada*. Define requisitos de formação profissional (currículos de pilotos/engenheiros), guiando o ensino.
- Público (Valor 4): *Influência Existencial*. A agência é o fiador da segurança pública. Ao liberar ou proibir operações, ela impacta diretamente a integridade física da população e a percepção de segurança do sistema.

Ator Influenciador: Público (Sociedade Civil e Clientes)

- Crédito (Valor 2): *Influência Moderada*. O sentimento de mercado (*Market Sentiment*) afeta a disposição dos investidores. Se o público rejeita a tecnologia, o capital de risco foge por medo de prejuízo.
- Plataforma (Valor 3): *Influência Forte*. O consumidor tem o poder de escolha (*Wallet Share*). Se o serviço for ruim ou caro, o público migra para o Uber convencional ou metrô, afetando diretamente a receita da plataforma.
- Infraestrutura (Valor 4): *Influência Existencial (Veto)*. Comunidades organizadas podem impedir fisicamente e legalmente a construção de vertiportos em seus bairros (ação política e judicial), inviabilizando a malha planejada.
- eVTOL (Valor 4): *Influência Existencial*. A aceitação do risco é binária. Se o público tiver medo da tecnologia (percepção de insegurança), não há mercado, e o fabricante quebra por falta de demanda.
- Universidade (Valor 1): *Influência Limitada*. A demanda social pode influenciar temas de pesquisa (ex: foco em impacto ambiental), mas de forma tênue.
- Agências (Valor 2): *Influência Moderada*. Pressão política. A comoção social em caso de acidentes ou incômodo (ruído) pressiona o Congresso e o Executivo, que por sua vez pressionam a Agência a ser mais rigorosa, interferindo indiretamente na regulação.

APÊNDICE C

Ator: Crédito (Agências de fomento e investidores)

- Acessar (1): Observa-se apoio fraco, pois o crédito busca ampliar o acesso ao sistema apenas na medida em que isso amplia o mercado potencial e reduz riscos sistêmicos, não sendo esse seu objetivo central.
- Garantia (0): Verifica-se neutralidade, uma vez que garantias operacionais e de segurança são tratadas indiretamente via avaliação de risco, e não como objetivo estratégico direto do financiador.
- Financeiro (4): Constata-se apoio muito forte, pois a monetização e o retorno financeiro constituem o objetivo central das agências de fomento e investidores.
- Monetiza (1): Observa-se apoio fraco, visto que o interesse está mais associado ao retorno global do investimento do que a modelos específicos de monetização operacional.
- Vertiporto (2): Verifica-se apoio moderado, uma vez que a infraestrutura é condição relevante para viabilizar projetos financiáveis, mas não um fim em si.
- Desenvolve (1): Constata-se apoio limitado ao desenvolvimento tecnológico, entendido como meio para geração de valor econômico.
- Regulatória (3): Observa-se apoio forte à estabilidade regulatória, pois marcos claros reduzem risco jurídico e financeiro.
- Conhecimento (1): Verifica-se apoio fraco, restrito a investimentos pontuais em P&D aplicável.
- Formar (0): Constata-se neutralidade, visto que a formação de capital humano não é objetivo direto do ator financeiro.

Ator: Plataforma (Mobilidade como Serviço)

- Acessar (4): Observa-se apoio muito forte, pois a ampliação do acesso do usuário é central para o modelo de negócio baseado em escala.
- Garantia (2): Verifica-se apoio moderado à segurança e confiabilidade, essenciais para a aceitação do serviço.
- Financeiro (1): Constata-se apoio fraco, já que a plataforma busca sustentabilidade, mas não atua como agente financeiro.

- Monetiza (4): Observa-se apoio muito forte, uma vez que a monetização da demanda é o núcleo do modelo MaaS.
- Vertiporto (1): Verifica-se apoio limitado, pois a plataforma utiliza a infraestrutura existente, mas não a desenvolve diretamente.
- Desenvolve (0): Constata-se neutralidade, dado que o desenvolvimento tecnológico aeronáutico não é objetivo da plataforma.
- Regulatória (1): Observa-se apoio fraco, restrito à conformidade mínima para operar.
- Conhecimento (0): Verifica-se neutralidade quanto à produção de conhecimento.
- Formar (0): Constata-se ausência de interesse estratégico na formação profissional.

Ator: Infraestrutura (Vertiportos)

- Acessar (2): Observa-se apoio moderado, pois o acesso influencia a viabilidade econômica dos vertiportos.
- Garantia (1): Verifica-se apoio fraco, relacionado à segurança física das operações.
- Financeiro (2): Constata-se apoio moderado, já que projetos de infraestrutura precisam ser financeiramente sustentáveis.
- Monetiza (2): Observa-se apoio moderado à monetização via uso intensivo da infraestrutura.
- Vertiporto (4): Verifica-se apoio muito forte, pois este é o objetivo central do ator.
- Desenvolve (2): Constata-se apoio moderado ao desenvolvimento tecnológico aplicado à infraestrutura.
- Regulatória (3): Observa-se apoio forte à clareza regulatória, essencial para licenciamento e operação.
- Conhecimento (1): Verifica-se apoio limitado, associado a estudos técnicos.
- Formar (1): Constata-se apoio fraco à formação, restrito a treinamento operacional.

Ator: eVTOL (Fabricantes)

- Acessar (2): Observa-se apoio moderado, pois o acesso amplia o mercado potencial.
- Garantia (1): Verifica-se apoio fraco, entendido como requisito mínimo de certificação.
- Financeiro (2): Constata-se apoio moderado, pois viabilidade financeira é condição de sobrevivência.
- Monetiza (2): Observa-se apoio moderado à monetização como consequência da adoção do produto.
- Vertiporto (2): Verifica-se apoio moderado, dado que a infraestrutura viabiliza o uso da aeronave.
- Desenvolve (4): Constata-se apoio muito forte, sendo este o núcleo estratégico do fabricante.
- Regulatória (3): Observa-se apoio forte, pois certificação é condição de existência legal.
- Conhecimento (1): Verifica-se apoio fraco à produção científica externa.
- Formar (1): Constata-se apoio limitado à formação de mão de obra especializada.

Ator: Universidade

- Acessar (1): Observa-se apoio fraco, associado a estudos sobre inclusão e mobilidade.
- Garantia (2): Verifica-se apoio moderado, por meio de pesquisas em segurança e confiabilidade.
- Financeiro (3): Constata-se apoio moderado a forte, pois financiamento sustenta a pesquisa.
- Monetiza (0): Observa-se neutralidade quanto à monetização.
- Vertiporto (1): Verifica-se apoio limitado, como objeto de pesquisa.
- Desenvolve (3): Constata-se apoio forte ao desenvolvimento científico e tecnológico.
- Regulatória (2): Observa-se apoio moderado via estudos que subsidiam normas.

- Conhecimento (4): Verifica-se apoio muito forte, sendo este o objetivo central da academia.
- Formar (4): Constata-se apoio muito forte à formação de capital humano.

Ator: Agências (Reguladores)

- Acessar (1): Observa-se apoio fraco, condicionado à segurança.
- Garantia (3): Verifica-se apoio forte, pois segurança é missão institucional.
- Financeiro (2): Constata-se apoio moderado, associado à sustentabilidade do sistema.
- Monetiza (0): Observa-se neutralidade em relação à monetização.
- Vertiporto (1): Verifica-se apoio limitado, restrito à certificação.
- Desenvolve (2): Constata-se apoio moderado ao desenvolvimento seguro.
- Regulatória (4): Observa-se apoio muito forte, sendo o núcleo da atuação regulatória.
- Conhecimento (3): Verifica-se apoio forte à produção de dados técnicos.
- Formar (2): Constata-se apoio moderado à formação regulatória e técnica.

Ator: Público (Sociedade e clientes)

- Acessar (4): Observa-se apoio muito forte, pois acessibilidade é valor central para o usuário.
- Garantia (4): Verifica-se apoio muito forte, dado que segurança é condição para aceitação.
- Financeiro (1): Constata-se apoio fraco, limitado ao custo percebido.
- Monetiza (2): Observa-se apoio moderado, desde que não afete acessibilidade.
- Vertiporto (0): Verifica-se neutralidade estrutural, salvo impactos locais.
- Desenvolve (1): Constata-se apoio fraco ao desenvolvimento tecnológico abstrato.
- Regulatória (1): Observa-se apoio limitado, mediado politicamente.
- Conhecimento (1): Verifica-se apoio fraco ao conhecimento técnico.
- Formar (1): Constata-se apoio limitado à formação profissional.

APÊNDICE D

- Acessar (1): Favorável. A democratização do acesso amplia, aumentando o potencial de retorno financeiro.
- Garantia (0): Neutro. As garantias de privacidade e ruído são restrições operacionais/técnicas. Para o financiador, são requisitos de conformidade, não objetivos financeiros.
- Financiar (1): Favorável. É a atividade-fim deste ator. O objetivo de criar mecanismos de financiamento garante o fluxo de capital necessário para a indústria.
- Monetiza (1): Favorável. A capacidade do sistema de gerar receita e lucro é pré-requisito para a solvência dos empréstimos e retorno aos acionistas.
- Vertiporto (1): Favorável. O financiamento de infraestrutura (ativos reais) é uma linha de negócio clássica e segura para bancos de fomento (*Project Finance*).
- Desenvolve (1): Favorável. O desenvolvimento tecnológico maturada (*High TRL*) reduz o risco do investimento.
- Regulatóri (1): Favorável. A segurança jurídica proporcionada pela regulação é fundamental para a liberação de grandes volumes de capital.
- Conhecimen (1): Favorável. A produção de conhecimento reduz a assimetria de informação e o risco técnico do projeto investido.
- Formar (0): Neutro. A formação de mão de obra é vista como um custo operacional das empresas investidas (OpEx), não um objetivo estratégico direto da fonte de capital.

Ator: Plataforma de Mobilidade (Plataforma)

- Acessar (1): Favorável. É o *Core Business* da plataforma : conectar o usuário ao transporte.
- Garantia (1): Favorável. A garantia de conforto e baixo ruído é essencial para a experiência do usuário e retenção do cliente na plataforma.
- Financiar (1): Favorável. Necessita de capital de giro e investimento para expansão de mercado e aquisição de usuários.
- Monetiza (1): Favorável. O objetivo final da plataforma é capturar valor através de taxas de intermediação.

- Vertiporto (1): Favorável. Embora não necessariamente construa, a plataforma precisa que os vertiportos existam para operacionalizar as rotas.
- Desenvolve (0): Neutro. A plataforma é tecnologicamente agnóstica. Ela quer o veículo pronto para operar, indiferente aos desafios de P&D do fabricante.
- Regulatóri (1): Favorável. Precisa de aprovação legal para operar o serviço de transporte aéreo urbano.
- Conhecimen (0): Neutro. A pesquisa básica acadêmica está distante da operação comercial imediata da plataforma.
- Formar (0): Neutro. A plataforma intermedeia serviços; a responsabilidade de formar e contratar pilotos recai sobre o operador aéreo, não sobre o app.

Ator: Infraestrutura UAM (Infraestru)

- Todos os Objetivos (1): Favorável.
 - Justificativa: A infraestrutura possui o maior risco de "Ativo Encalhado" (. Se o eVTOL não for desenvolvido, se não houver pilotos ("Formar"), se não houver regulação ou financiamento, o vertiporto não tem utilidade. Portanto, este ator é obrigado a apoiar integralmente todos os objetivos do ecossistema para viabilizar seu próprio negócio.

Ator: Empresas de eVTOL (eVTOL)

- Todos os Objetivos (1): Favorável.
 - Justificativa: Como fabricante e detentor da tecnologia central, a empresa de eVTOL depende da orquestração perfeita de todo o sistema. Precisa de dinheiro ("Financiar"), regras ("Regulatóri"), lugares para pousar ("Vertiporto"), aceitação pública ("Garantia") e mão de obra ("Formar") para vender suas aeronaves.

Ator: Universidades (Universida)

- Acessar (1): Favorável. Alinha-se à missão de desenvolver tecnologia para o bem-estar social.
- Garantia (1): Favorável. Pesquisas sobre impacto acústico e ambiental são tópicos centrais na academia.

- Financiar (1): Favorável. Universidades dependem de *Grants* e fomento à pesquisa para funcionar.
- Monetiza (0): Neutro. A universidade é uma instituição sem fins lucrativos (na sua essência de pesquisa); a maximização do lucro corporativo não é sua missão.
- Vertiporto (1): Favorável. Objeto de estudo para arquitetura, urbanismo e engenharia civil.
- Desenvolve (1): Favorável. Parcerias de P & D com a indústria são vitais.
- Regulatóri (1): Favorável. A academia fornece a base técnica/científica para a criação das normas.
- Conhecimen (1): Favorável. É a missão primária da universidade (*Core Mission*).
- Formar (1): Favorável. É a missão de ensino da universidade.

Ator: Agências Governamentais (Agências)

- Acessar (1): Favorável. Promover mobilidade eficiente é interesse público.
- Garantia (1): Favorável. Proteger o cidadão (privacidade/ruído) é obrigação do Estado.
- Financiar (1): Favorável. O Estado atua como indutor da indústria estratégica via BNDES/Finep.
- Monetiza (0): Neutro. O regulador foca na segurança e acessibilidade. A rentabilidade privada é desejável para a saúde do setor, mas não é um objetivo direto da agência reguladora (que deve ser neutra economicamente).
- Vertiporto (1): Favorável. Necessário para ordenar o espaço aéreo e solo urbano.
- Desenvolve (1): Favorável. Fomento à indústria nacional e soberania tecnológica.
- Regulatóri (1): Favorável. É a função existencial da agência.
- Conhecimen (1): Favorável. Necessita de embasamento técnico para regular.
- Formar (1): Favorável. Necessita de profissionais certificados para garantir a segurança operacional.

Ator: Público / Clientes (Público)

- Acessar (1): Favorável. O público deseja novas opções de transporte rápido.
- Garantia (1): Favorável. O público exige segurança, silêncio e privacidade.
- Financiar (1): Favorável. Apoia o desenvolvimento econômico que gera empregos.
- Monetiza (1): Favorável. Entende-se que a monetização saudável permite a sustentabilidade do serviço e preços competitivos.
- Vertiporto (0): Neutro. Embora o público queira o serviço ("Acessar"), ele é indiferente ou reticente quanto à construção física do vertiporto, preferindo que não seja ao lado de sua casa. O apoio não é explícito como nos outros itens.
- Desenvolve (1): Favorável. Apreço geral por inovação tecnológica.
- Regulatóri (1): Favorável. Exige que o governo fiscalize para garantir segurança.
- Conhecimen (1): Favorável. Valorização da ciência e educação.
- Formar (1): Favorável. Geração de oportunidades de emprego qualificado.