

DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA REGULAMENTAÇÃO DE AERONAVES eVTOLs: UMA ANÁLISE DAS ESTRUTURAS NORMATIVAS NO BRASIL E NO MUNDO

CHALLENGES AND PERSPECTIVES IN THE REGULATION OF eVTOLs AIRCRAFT: AN ANALYSIS OF REGULATORY STRUCTURES IN BRAZIL AND IN THE WORLD

Artigo recebido em: 14/11/2025

Artigo aceito em: 16/02/2026

Jonathan Barros Vita*

*Universidade de Marília (UNIMAR), Marília, São Paulo, Brasil
jbvita@gmail.com

Carlos Henrique Baptista Cardoso*

*Universidade de Marília (UNIMAR), Marília, São Paulo, Brasil
cardosoadv.marilia@hotmail.com

Thais Roberta Lopes*

*Universidade de Marília (UNIMAR), Marília, São Paulo, Brasil
thaisrlopes19@hotmail.com

Giovana Horita Alonso*

*Universidade de Marília (UNIMAR), Marília, São Paulo, Brasil
ghaxxx1000@gmail.com

The authors declare that there is no conflict of interest

Resumo

No Estado moderno, a existência de infraestrutura adequada para atender aos interesses públicos revela-se fundamental para o desenvolvimento nacional. Este estudo examina os desafios regulatórios e socioeconômicos da implementação dos eVTOLs (Electric Vertical Take-Off and Landing Aircraft) no Brasil e em âmbito internacional, destacando seu potencial para transformar a mobilidade urbana e reduzir impactos ambientais. Mediante o método dedutivo e revisão bibliográfica, identificam-se como principais obstáculos as lacunas regulatórias na certificação de aeronaves e infraestrutura de vertiportos, os elevados custos operacionais e a resistência social, além da complexidade de integrar esses veículos ao espaço aéreo urbano com segurança. Objetiva-se, portanto, promover a harmonização de normas globais por meio da atuação coordenada da ANAC, OACI, FAA e EASA, além de políticas públicas incentivadoras e modelos colaborativos, como o Sandbox Regulatório da ANAC. Destaca-se, ainda, a necessidade de investimentos em infraestrutura energética e em sistemas de controle de tráfego aéreo urbano. A pesquisa justifica-se pela relevância social do tema, tanto do ponto de vista econômico quanto

Abstract

In the modern State, the existence of adequate infrastructure to meet public interests is essential for national development. This study examines the regulatory and socioeconomic challenges of implementing eVTOLs (Electric Vertical Take-Off and Landing Aircraft) in Brazil and internationally, highlighting their potential to transform urban mobility and reduce environmental impacts. Through the deductive method and bibliographic review, the main obstacles identified are regulatory gaps in aircraft certification and vertiport infrastructure, high operating costs and social resistance, in addition to the complexity of integrating these vehicles into urban airspace safely. Therefore, the objective is to promote the harmonization of global standards through the coordinated action of ANAC, ICAO, FAA and EASA, in addition to encouraging public policies and collaborative models, such as ANAC's Regulatory Sandbox. The need for investments in energy infrastructure and urban air traffic control systems is also highlighted. The research is justified by the social relevance of the topic, both from an economic and environmental point of view. It is concluded that, although eVTOLs represent a promising innovation, their success



ambiental. Conclui-se que, embora os eVTOLs representem uma inovação promissora, seu êxito depende da superação conjunta de barreiras técnicas, econômicas e sociais, com equilíbrio entre inovação, sustentabilidade e interesse público.

Palavras-chave: eVTOLs. Regulação. Mobilidade. Sustentabilidade. Infraestrutura.

depends on the joint overcoming of technical, economic and social barriers, with a balance between innovation, sustainability and public interest.

Keywords: eVTOLs. Regulation. Mobility. Sustainability. Infrastructure.

1 INTRODUÇÃO

A presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de oferecer uma contribuição inovadora à literatura existente em cada um de seus capítulos, buscando estabelecer uma conexão entre o direito regulatório e o desenvolvimento socioeconômico do modal aeroviário, com ênfase nos eVTOLs (*Electric Vertical Take-Off and Landing Aircraft*). Busca-se, ainda, estabelecer um diálogo comparativo com as experiências regulatórias de outros países, analisando como diferentes jurisdições têm enfrentado os desafios e oportunidades trazidos por essa tecnologia disruptiva.

O transporte aéreo consolida-se como um dos pilares do desenvolvimento socioeconômico contemporâneo, impulsionando a integração de mercados, a mobilidade humana e a logística de cargas com singular eficiência. Sua relevância transcende a função básica de deslocamento, assumindo papel estratégico na dinamização das economias nacionais e na redução de assimetrias regionais.

Diante desse cenário, emergem inovações como os eVTOLs que prometem revolucionar a matriz do transporte urbano, exigindo adaptações normativas e físicas. Este artigo examina o impacto socioeconômico do modal aeroviário, analisando seu papel como catalisador do desenvolvimento e os obstáculos à sua expansão, com ênfase na necessidade de políticas públicas alinhadas ao princípio da eficiência e ao interesse coletivo. A reflexão parte do pressuposto de que a aviação, embora não seja condição suficiente para o progresso, constitui elemento indispensável à inserção competitiva das nações no cenário global.

Concomitantemente, embora essas aeronaves elétricas prometam revolucionar o transporte aéreo, reduzindo congestionamentos e emissões poluentes, sua implementação enfrenta desafios complexos, que vão desde barreiras regulatórias e altos custos

operacionais até a resistência social e a necessidade de integração com sistemas de transporte existentes. Este artigo examina o potencial socioeconômico dos eVTOLs, analisando não apenas seus benefícios ambientais e operacionais, mas também os obstáculos à sua adoção em larga escala, propondo uma reflexão crítica sobre como equilibrar inovação, acessibilidade e segurança para garantir que essa tecnologia cumpra seu papel transformador de forma inclusiva e sustentável.

Aborda-se, que a regulamentação dos eVTOLs (*Electric Vertical Take-Off and Landing Aircraft*) representa um desafio complexo para as autoridades aeronáuticas. Enquanto agências como ANAC, FAA e EASA avançam na criação de normas para certificação de aeronaves, vertiportos e gestão do espaço aéreo urbano, persistem lacunas regulatórias críticas, desde a definição de padrões internacionais até a adaptação de infraestruturas e sistemas de controle de tráfego. Este artigo analisa os esforços globais e nacionais para estabelecer um marco jurídico eficiente, capaz de equilibrar desenvolvimento tecnológico, proteção ao consumidor e interesse público, sem comprometer a competitividade do setor ou a segurança das operações em ambientes metropolitanos cada vez mais congestionados.

Destarte, busca-se tratar da importância do modal aeroviário para a economia nacional, visto que a atividade regulatória é outro importante fator para o desenvolvimento das relações negociais em diversos setores, não sendo o setor aéreo uma exceção, pois é através dela que se delimita as liberdades dos agentes privados quando do exercício da atividade econômica em seus diferentes segmentos. Neste sentido, vale-se do método dedutivo, bem como de análise bibliográfica nacional e estrangeira, sem olvidar os principais textos normativos e regulatórios sobre o tema ora proposto.

2 DESENVOLVIMENTO SOCIOECONOMICO DO MODAL AEROVIÁRIO

2.1 Impacto do transporte aéreo no crescimento econômico

Ao longo da trajetória evolutiva das sociedades contemporâneas, os sistemas de transporte consolidaram-se como vetores fundamentais para o desenvolvimento das nações. Sua função integradora permite a conexão entre polos geograficamente distantes,

servindo como elemento propulsor das relações comerciais e do intercâmbio sociocultural.

Como componente indissociável da infraestrutura nacional, os modais de transporte constituem a base sobre a qual se erige todo o arcabouço produtivo da modernidade. Sua operacionalização eficaz revela-se imperativa para a plena realização do potencial econômico territorial, demandando contínuos aprimoramentos em sua gestão e operação.

Logo, o modal aeroviário, em suas múltiplas dimensões econômicas, consolida-se como elemento indispensável ao desenvolvimento nacional, particularmente no que concerne à mobilidade humana e à logística de cargas. Sua operacionalização proporciona singular celeridade e eficiência operacional, características intrínsecas que o diferenciam dos demais modais de transporte.

Nota-se, ademais, o surgimento de inovadores paradigmas tecnológicos no setor, com destaque para os eVTOLs (*Electric Vertical Take-Off and Landing Aircraft*), que prometem revolucionar a matriz de transporte aéreo urbano. Esses avanços tecnológicos, que serão examinados com maior profundidade nos tópicos subsequentes, apontam para uma transformação radical nos padrões de conectividade interurbana.

Durante muito tempo, prevaleceu a ideia de que o subdesenvolvimento seria uma etapa transitória, anterior ao desenvolvimento. No entanto, essa visão mostrou-se equivocada, dando lugar à compreensão de que o subdesenvolvimento constitui uma condição estrutural e específica de cada nação, influenciada por suas particularidades históricas, políticas e socioeconômicas (Furtado, 2009, p. 161).

Nesse contexto, a atividade econômica surge como um dos principais vetores do desenvolvimento nacional contemporâneo. Para que ela funcione de maneira eficiente, é fundamental a existência de uma infraestrutura robusta, capaz de sustentar as demandas logísticas e dinamizar as transações tanto no setor público quanto no privado (Aurélio, 2017, p. 25).

Embora não haja um conceito jurídico uniforme sobre o termo infraestrutura, entende-se que ela abrange o conjunto de bens e serviços públicos essenciais que servem de alicerce para o crescimento socioeconômico do país (Bercovici, 2015, p. 277-278).

Assim, o direito da infraestrutura consolida-se como um campo de estudo dedicado a analisar as relações jurídicas decorrentes de projetos envolvendo

infraestruturas públicas, independentemente de serem financiados por recursos estatais ou privados. Portanto, engloba temas como concessões, parcerias público-privadas, regulação setorial e modelos de financiamento, sempre com o objetivo de garantir que os investimentos em infraestrutura promovam o desenvolvimento sustentável e o interesse coletivo.

Dal Pozzo (2020, p. 160), argumenta que existe um princípio da indisponibilidade da atividade de infraestrutura, derivado do princípio da indisponibilidade do interesse público. Segundo ele, esse princípio estabelece que o Poder Público tem a obrigação legal de garantir a execução de serviços e obras de infraestrutura, desde que respeitadas as normas vigentes, como forma de promover o desenvolvimento nacional um dos objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil, conforme previsto no artigo 3º, II, da Constituição Federal.

Contudo, frequentemente, as discussões acerca da infraestrutura são deixadas em posição secundária, evidenciando escassa atenção, sendo retomadas apenas quando a insuficiência de recursos começa a ocasionar dificuldades no dia a dia da população (Carvalho, 2014, p. 51).

Em nações de recursos limitados como o Brasil, os investimentos em infraestrutura enfrentam naturalmente maiores restrições. Especificamente no âmbito dos transportes, o país herdou uma malha pouco integrada e desenvolvida sem um planejamento estratégico adequado, o que compromete a eficácia desse setor fundamental para o desenvolvimento econômico.

No panorama da aviação civil, observa-se nas últimas décadas uma crescente relevância deste modal no cenário econômico global, mesmo diante das sucessivas crises que afetaram o segmento.

Neste sentido o setor aeronáutico emerge como um dos principais catalisadores do processo de globalização, ao viabilizar a intensificação dos intercâmbios econômicos e culturais em escala planetária. Essa função estratégica impõe, no plano nacional, a necessidade imperiosa de uma malha aeronáutica desenvolvida, visto que o modal aéreo transcende sua função básica de transporte, assumindo papel central no desenvolvimento econômico (Nakamura, 2019, p. 43).

Nas últimas décadas, Barat (2007, p. 89), destaca que o transporte aéreo se consolidou como uma maneira ágil e eficaz de impulsionar os negócios em escala global,

beneficiando diversos setores da economia. No entanto, a agilidade e a intensa concorrência nesse mercado impulsionaram a criação e o aperfeiçoamento de tecnologias inovadoras, cujos avanços também contribuíram para outras áreas do conhecimento.

Entretanto Oliveira e Quadros (2022, p. 2-3), adverte que:

Neste contexto de constantes transformações tecnológicas, o direito se vê desafiado diante dos desarranjos promovidos pelas inovações. A preocupação em se equilibrar a regulação, os custos sociais, a economia e o bem-estar faz parte da análise econômica a que se pretende efetuar. Por meio dela, justifica-se a ação estatal regulatória para eliminar as falhas de mercado e buscar um ponto ótimo de equilíbrio entre todos os interesses, subsidiado no princípio da eficiência.

Nesse contexto, conforme argumenta André Nakamura (2019, p. 43), o Brasil precisa urgentemente expandir sua capacidade aeroportuária e desenvolver estratégias para incrementar o transporte aéreo de cargas, sob risco de perpetuar sua desvantagem competitiva no cenário global.

Observa-se, que o aspecto infraestrutural constitui um desafio relevante para a operacionalização dos eVTOLs. Conforme demonstra Azevedo (2024, p. 66), a utilização dessas aeronaves está condicionada a elementos fundamentais, tais como a estrutura física apropriada e de regulamentações atualizadas, questões ainda incipientes em território brasileiro, representam requisitos indispensáveis para a consolidação dessa tecnologia inovadora no sistema de transporte aéreo urbano do país.

A crescente demanda por infraestrutura aeroportuária decorre do expressivo desenvolvimento da aviação civil nas últimas décadas. Estudos especializados, como os de Barat (2007, p. 90), demonstram que entre 1964 e 2004 o setor apresentou um crescimento exponencial, expandindo-se dez vezes em volume de operações.

Apesar dos desafios relacionados à infraestrutura, observou Moraes, Campos e Lima (2019, p. 6), o setor aeronáutico brasileiro se destaca hoje como um dos mais relevantes e inovadores do mundo, com especial protagonismo na Região Metropolitana do Vale do Paraíba Paulista e Litoral Norte (RMVALE). No cenário global, essa região brasileira e a Região Metropolitana de Montreal, no Canadá, são reconhecidas como polos de excelência na aviação, ao lado de centros tradicionais como Wichita (EUA) e Toulouse (França).

É importante ressaltar que o setor aéreo, por si só, não é capaz de gerar desenvolvimento regional ou nacional, já que esse processo depende de uma complexa rede de fatores socioeconômicos. No entanto, uma infraestrutura aeroportuária adequada, que atenda às demandas de uma região, pode ser um importante catalisador para seu crescimento econômico, fortalecendo o mercado local a médio e longo prazo.

Por fim, o setor aeronáutico, embora não seja o único fator de desenvolvimento, desempenha um papel estratégico na integração econômica e logística, impulsionando o crescimento regional e nacional. A infraestrutura aérea, aliada a inovações como os eVTOLs, é essencial para manter a competitividade global, especialmente em países como o Brasil, que enfrentam desafios históricos de planejamento e investimento. No entanto, seu potencial só se concretizará com políticas públicas eficientes, regulamentação adaptada e investimentos contínuos, garantindo que a aviação seja não apenas um meio de transporte, mas um catalisador de desenvolvimento sustentável.

3 eVTOLs

3.1 eVOLT avanço sustentável e tecnológico

A ideia de carros voadores (*flying cars*) sempre fascinou engenheiros e visionários, impulsionando pesquisas e tentativas de comercialização ao longo da evolução dos automóveis e das aeronaves.

Verifica-se que a inovação é o fio condutor de novas tecnologias, pois impacta diariamente a vida de todos e interfere nas relações pessoais e organizacionais seja de uma empresa ou da sociedade como um todo.

A inovação é sempre fruto das decisões tomadas por indivíduos e organizações econômicas e sociais, guiados por diversas motivações, como a busca por lucro, prestígio, reconhecimento ou a vontade de explorar novos desafios. Os séculos XIX e XX foram caracterizados pelo surgimento de inúmeras inovações significativas, cujos impactos estruturais desempenharam um papel crucial no desenvolvimento da industrialização e na expansão econômica (Izerrougene, 2013, p. 84-87).

Desta maneira constata-se que a inovação emerge como um dos pilares essenciais para a competitividade empresarial, sendo um elemento crucial para o crescimento, a


diferenciação e a sustentabilidade das organizações no mercado. Entretanto, para que uma empresa inovadora prospere, é indispensável contar com uma infraestrutura tecnológica e social bem desenvolvida. Esse ecossistema abrange não somente as próprias empresas, mas também clientes, parceiros, cadeia de fornecedores, relações trabalhistas, marco legal, agências reguladoras e políticas governamentais de apoio.

Dessa maneira, os eVTOLs consolidam-se como uma inovação disruptiva para os desafios de mobilidade urbana e sustentabilidade ambiental, representando o pilar tecnológico da Mobilidade Aérea Urbana (UAM - *Urban Air Mobility*).

Importante ressaltar que os eVTOLs (aeronaves elétricas de decolagem e pouso verticais) diferenciam-se significativamente dos drones por sua capacidade de transporte de passageiros, o que exige regulamentações específicas e mais complexas. Por incorporarem tecnologias semelhantes às da aviação convencional, esses veículos representam uma inovação transformadora na história da aeronáutica, comparável em importância ao advento dos helicópteros ou das aeronaves a jato (Força Aérea Brasileira, 2023).

Como referência para análise dos eVTOLs, os helicópteros convencionais oferecem um parâmetro relevante de comparação por compartilharem a capacidade de voo vertical. Examinemos as principais diferenças:

Figura 1. Comparativo

	Helicóptero	Aeronave eVTOL
Esquema da aeronave	 <p>Rotor principal</p> <p>Rotor traseiro*</p>	 <p>Rotores</p>
Rotor	<ul style="list-style-type: none"> • Um Rotor principal • Junto de rotor na calda 	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiplos rotores pequenos • Sem rotor na calda**
Origem da energia para os motor(es)	Motor principal	Motores individuais
Fonte de energia	Combustível	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas baterias • Combinação de baterias e gerador de turbina a gás
Alcance de voo***	Aproximadamente 600 – 800 km	Aproximadamente dezenas de km – 300 km
Capacidade de passageiros***	No máximo 15	Aproximadamente de 5 (máximo)
Tamanho da área pista decolagem e aterrissagem***	Maior do que o comprimento e a largura da aeronave	-

Fonte: Prado; Galbiatti (2024)

Pesquisas recentes destacam que a tendência dominante no setor de mobilidade aérea privilegia soluções baseadas em energias limpas, alinhando-se às exigências ambientais do mercado contemporâneo. Nesse contexto, os eVTOLs emergem como alternativa promissora para o transporte sustentável, apresentando vantagens significativas podendo superar a eficiência energética de carros movidos à combustão (Prado; Galbiatti, 2024, p. 76).

À vista disso, os avanços em propulsores, motores elétricos, gestão de energia e sistemas de comunicação têm impulsionado o interesse por veículos aéreos inovadores. Paralelamente, a crescente eletrificação dessas tecnologias busca substituir os tradicionais combustíveis fósseis, promovendo opções mais limpas e eficientes para o futuro da mobilidade aérea.

Importante salientar que pesquisas demonstram que os congestionamentos urbanos afetam significativamente o meio ambiente tanto no Brasil quanto na Europa.

A Comissão Europeia estima que os custos decorrentes dos congestionamentos equivalem a 4% do PIB europeu e por consequência do aumento nos volumes de tráfego, o relatório de saúde europeu da *World Health Organization* (WHO) aponta que o transporte é a fonte de CO₂ de combustíveis fósseis que mais cresce, expondo um ar de má qualidade que traz complicações a saúde. Na União Europeia cerca de 100.000 mortes prematuras por ano são atribuíveis à poluição do ar, sendo que as emissões do tráfego rodoviário correspondem à significativa parcela dessa carga. No caso brasileiro, o relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo, estima que automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas foram responsáveis por aproximadamente 92% das emissões de monóxido de carbono (CO), destacando-se os automóveis com 59% das emissões, ou seja, o padrão de mobilidade utilizado no Brasil está sobrecarregando o meio ambiente (Souza, 2021, p. 6).

Conforme verificado por Souza (2021, p. 4-5), a hiperconcentração demográfica em centros urbanos exacerba a pressão sobre a infraestrutura de transporte, exigindo soluções inovadoras. Neste contexto, a convergência de avanços tecnológicos, desde veículos autônomos até sistemas de transporte aéreo urbano o que redefine radicalmente o paradigma da mobilidade metropolitana.

Partindo deste paradigma:

Também estão entre os achados da pesquisa algumas medidas em andamento e possibilidades para contornar alguns destes desafios. Entre as potencialidades, verificaram-se: a possibilidade de prover maior acessibilidade social ao transporte aéreo; a baixa vibração e o menor ruído apresentado nos

motores elétricos como aspecto importante para a aceitação do modal; o baixo custo de manutenção; a redução no consumo de combustíveis fósseis; o aumento da demanda pelo modal aéreo; a expectativa de alto volume de produção com redução do valor da aeronave, assim como o compartilhamento de aeronaves, com potencial para redução do valor dos voos (Pereira; Silva, 2023, p. 25).

Diante deste cenário complexo, percebemos que a inovação tecnológica, quando alinhada às urgentes demandas socioambientais, transcende seu caráter meramente funcional para assumir um papel transformador na sociedade. Os eVTOLs emergem como um paradigma que concilia mobilidade eficiente com responsabilidade ecológica e inclusão social, visto que os dados expostos revelam uma verdade incontestável, haja vista que nossa dependência de modais poluentes tornou-se insustentável, corroendo tanto a saúde planetária quanto o tecido social.

3.2 Implementação dos eVTOLS e sociedade

A sociedade está em constante evolução e, não diferentemente, os Estados também acabam sofrendo com essas transformações resultantes de uma maturidade coletiva das relações humanas, seja no campo social, econômico, político e ideológico, fazendo com que o direito esteja presente, no intuito de se coibir práticas abusivas que venham prejudicar este desenvolvimento.

Constatou-se que a partir, da Revolução Industrial há o surgimento de inovações que impactariam o mercado e as relações comerciais, principalmente pela industrialização das cidades, no qual se implementou manufaturas e máquinas a vapor.

O avanço tecnológico traz consigo não apenas soluções, mas todo um ecossistema de conhecimento que se irradia pela sociedade. Esse acúmulo de conhecimento frequentemente se desdobra em novas invenções e aprimoramentos, criando um ciclo virtuoso de desenvolvimento. No entanto, é importante reconhecer que cada inovação carrega em seu bojo novas complexidades e falhas, demandas antes inexistentes que emergem justamente do progresso alcançado

A eficiência aplicada à inovação deve ser perseguida por todos os agentes que integrantes, especialmente o setor público, principal interessado na geração de

externalidades positivas, que constituem sua atuação eficiente nos casos em que o setor privado não investiria em inovação (Verde; Miranda, 2019, p 126).

Como destaca Lazari (2023, p. 66-67) ao analisar o princípio de *Kaldor-Hicks*, a verdadeira eficiência social nem sempre se traduz em benefícios universais e imediatos. Em certos contextos transformadores, mesmo quando determinados grupos enfrentam perdas transitórias, uma mudança pode ser considerada progresso quando os ganhos coletivos superam os custos individuais, bem como o potencial compensatório que preserve a equidade.

Diante dos urgentes desafios ambientais e de mobilidade já discutidos incluindo congestionamentos crônicos e emissões poluentes o setor privado tem respondido com investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento. Nesse contexto, os eVTOLs emergem como fruto de intensa atividade intelectual tecnológica e sustentável.

A introdução dos eVTOLs como modalidade de transporte enfrenta não apenas desafios técnicos, mas também barreiras humanas profundas. A sociedade pode receber essa inovação com um misto de expectativa e apreensão, sentimentos naturais diante de qualquer mudança disruptiva em nosso cotidiano.

Ressalta-se que estudos recentes apontam que cerca de 25% da população demonstram resistência em utilizar sistemas de transporte aéreo autônomo ou eVTOLs, mesmo quando esta tecnologia estiver plenamente disponível no mercado refletindo um desafio humano fundamental, a natural hesitação diante de tecnologias disruptivas que alteram nossos padrões cotidianos de mobilidade, bem como paralelamente à questão da aceitação social, especialistas destacam que a viabilidade econômica desta inovação representa outro obstáculo significativo, visto que o desenvolvimento e operação destas aeronaves exigem investimentos substanciais, o que pode limitar inicialmente seu acesso a determinados segmentos da população (Azevedo, 2024, p. 74).

Nesta premissa:

Além disso, é preciso envolver os diferentes atores sociais no processo de desenvolvimento e implantação dos eVTOLs, como os usuários, os operadores, os reguladores, os fabricantes e as comunidades locais. Um estudo avalia o potencial de integração dos eVTOLs com o sistema de transporte público urbano, considerando a demanda de passageiros, a capacidade dos veículos, a localização das estações e os custos operacionais (Figueiredo, 2023, p. 18).

Analisou-se que embora comumente vinculados ao contexto das grandes metrópoles, os veículos aéreos elétricos de decolagem e pouso vertical possuem um alcance social mais amplo do que imaginamos. Pesquisas realizadas pela renomada agência espacial norte-americana (NASA) demonstram que o potencial destas aeronaves ultrapassa em muito o ambiente citadino, podendo transformar realidades diversas (ANAC, 2021).

Em suma, a implementação dos eVTOLs apresenta um cenário complexo, caracterizado por avanços tecnológicos significativos, mas também por desafios socioeconômicos e regulatórios. Embora essa inovação prometa reduzir congestionamentos e emissões poluentes, sua adoção em larga escala enfrenta obstáculos, como a resistência de parte da população e os elevados custos de desenvolvimento e operação. Além disso, questões relacionadas à integração com os sistemas de transporte existentes e à aceitação pública exigem abordagens multidisciplinares que envolvam diversos atores, incluindo usuários, fabricantes e órgãos reguladores.

No entanto, para que essa tecnologia atinja seu pleno potencial, é necessário equilibrar inovação, acessibilidade e segurança, garantindo que seus benefícios sejam amplamente distribuídos. Assim, o sucesso dos eVTOLs dependerá não apenas de soluções técnicas, mas também de políticas públicas eficientes e da construção de confiança social em relação a essa nova modalidade de transporte.

4 REGULAÇÃO DO TRANSPORTE AÉREO DOS eVTOLs

4.1 Certificações dos eVTOLs

A aviação civil é, por natureza, um setor globalizado, operando dentro de uma extensa rede de regulamentos, padrões e operações que não se limitam a fronteiras nacionais. Essa característica internacional exige uma articulação eficiente entre diferentes esferas institucionais, desde organismos internacionais até órgãos locais.

No cenário global, organizações como a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), a Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) e a Associação Latino-Americana e Caribenha de Transporte Aéreo (ALTA) têm funções

essenciais na elaboração de normas e regulamentos que garantem a operação segura, eficiente e sustentável da aviação (Silva; Cavalcante; Oliveira, 2025, p. 3-4).

A OACI, como entidade vinculada à ONU, define as normas internacionais por meio dos Anexos à Convenção de Chicago, que servem como base para a padronização do setor em todo o mundo. Enquanto isso, a IATA e a ALTA atuam como representantes das empresas aéreas, trabalhando para alinhar procedimentos operacionais e estratégias comerciais, além de facilitar a colaboração entre os diferentes agentes da indústria aeronáutica (Silva; Cavalcante; Oliveira, 2025, p. 3-4).

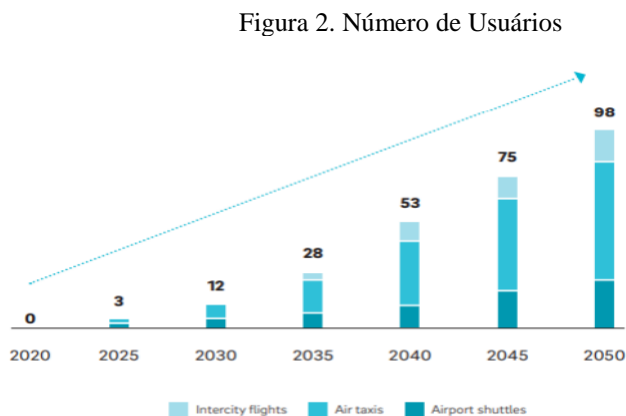
No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) foi criada para regulamentar o setor aéreo civil, substituindo as atribuições antes exercidas pelo Departamento de Aviação Civil (DAC). No entanto, diversas responsabilidades relacionadas à aviação continuam sob a alçada de órgãos militares vinculados ao Comando da Aeronáutica, devido à necessidade de controle e proteção do espaço aéreo nacional. Existe o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) que administra o controle aéreo e sua infraestrutura no território nacional, enquanto o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) investiga acidentes para prevenir novas ocorrências e melhorar a segurança de voo.

Tais órgãos são de suma importância, visto que a partir dos projetos e pesquisas em desenvolvimento, a evolução da mobilidade aérea urbana já é uma realidade no Brasil e no mundo, principalmente com a introdução dos eVTOLs, pelo qual, requer estudo e planejamento, visando a segurança dessas operações no sistema de controle do espaço aéreo.

A expectativa é que as primeiras operações de eVTOL no Brasil comecem a ocorrer entre 2025 e 2030. Empresas como a Embraer, com seu projeto Eve, estão na vanguarda desse desenvolvimento, já trabalhando em parceria com autoridades reguladoras e aeroportos para implementar as primeiras rotas de UAM no Brasil. A ANAC tem enfatizado a importância de garantir que a regulamentação esteja pronta para quando os eVTOLs começarem a operar, garantindo a segurança, eficiência e aceitação pública desse novo modal de transporte (Marchetti, 2024, p. 40).

Estudos indicam que os veículos elétricos de decolagem e pouso vertical eVTOL, poderão atender diariamente milhões de usuários em centros urbanos. Conforme análise da consultoria Roland Berger (2020), aproximadamente 25% dos deslocamentos

metropolitanos até 2035 poderão ser realizados por essa modalidade de transporte aéreo urbano, representando uma parcela expressiva da mobilidade nas cidades conforme ilustrado na Figura 2:



Fonte: Roland Berger, (2020)

Diante deste cenário, a ANAC tem promovido discussões sobre o desenvolvimento de regulamentações para as operações UAM, que vão desde as certificações das aeronaves, operações em espaços aéreos urbanos e normativas de vertiportos.

Os desafios que afetam a todos os OEM (*Original Equipment Manufacturer*, ou fabricante do equipamento original), tais como indefinições de infraestrutura, como alocação dos vertipoints, vertiports e vertihubs, malha de distribuição de energia elétrica, como também adaptações nas legislações de espaço aéreo e de certificações de tipo, de treinamento (Prado; Galbiatti, 2024, p. 81).

No cenário nacional, a ANAC está criando regulamentos técnicos especializados para a homologação de aeronaves eVTOL, abrangendo exigências de segurança, desempenho energético, impacto ambiental e funcionalidade operacional. Estas normas estão sendo desenvolvidas seguindo os padrões estabelecidos pela OACI e alinhadas com as diretrizes internacionais, com o propósito de assegurar que essas aeronaves inovadoras atinjam padrões de segurança similares aos das aeronaves convencionais. O processo inclui especificamente a aprovação de componentes como sistemas de armazenamento de energia, tecnologias de pilotagem autônoma ou remota, além dos mecanismos específicos para operações verticais de pouso e decolagem (Marchetti, 2024, p. 39).

Logo, o objetivo da regulamentação é preservar direitos sem desestimular a geração dos benefícios. É essencial harmonizar a regulação com princípios constitucionais diversos, como a livre iniciativa e a livre concorrência, consoante artigo 170 da Constituição Federal. Essa regulação tem como objetivo garantir que os agentes econômicos possam realizar suas atividades em condições de igualdade material (Salomão Filho, 2001, p. 30).

Outro fator em observação é nas certificações dos pilotos, uma das principais propostas é a criação de uma nova categoria de licenças, a VCA (*VTOL Capable Aircraft*). Esta iniciativa é semelhante à proposta atualmente em desenvolvimento pela agência reguladora da aviação da Europa a EASA (*European Union Aviation Safety Agency*) (Rocha, 2024).

Ademais, na Europa, a EASA está desenvolvendo uma estrutura regulatória abrangente para eVTOLs que engloba não apenas a certificação das aeronaves, mas também aspectos essenciais como protocolos de cibersegurança, avaliação de impacto ambiental e diretrizes para integração eficiente com os sistemas de transporte terrestre, visando uma implantação segura e harmoniosa dessas aeronaves no ecossistema de mobilidade urbana europeu (Marchetti, 2024, p. 39).

Nos Estados Unidos, a *Federal Aviation Administration* (FAA) está elaborando uma estrutura regulatória específica para aeronaves elétricas eVTOLs, o objetivo principal é desenvolver normas técnicas para a certificação desses veículos aéreos inovadores e definir parâmetros seguros para suas operações.

A Administração Federal da Aviação dos Estados Unidos (FAA) emitiu uma regra final sobre as qualificações e a formação que os instrutores e os pilotos devem ter para pilotar aeronaves eVTOL, classificados na categoria de “elevação elétrica”, que têm características tanto de aviões como de helicópteros. A regra também aborda os seus requisitos operacionais, incluindo as altitudes mínimas de segurança e a visibilidade necessária. A FAA determinou anteriormente que podia certificar os veículos de elevação com motor utilizando os regulamentos existentes e atualizou outros regulamentos para que os táxis aéreos, como eVTOLs, pudessem ser utilizados comercialmente (Expo, 2024).

Segundo Santos (2024, p. 23), a FAA posiciona-se na liderança do desenvolvimento de um ecossistema de operações aéreas urbanas, estabelecendo

cronogramas claros e objetivos temporais bem definidos para sua implementação progressiva.

No que tange ao cenário brasileiro, a ANAC avançou no processo de regulamentação dos eVTOLs ao lançar uma consulta pública para debater os parâmetros de segurança aplicáveis à certificação dessas aeronaves. A proposta em discussão abrange veículos com capacidade de 2 a 6 passageiros e peso máximo de decolagem abaixo de 5.670 kg. Essas normas constituem um avanço significativo na regulamentação do setor, ao definir critérios objetivos e subjetivos de segurança que servirão como base para a análise técnica dos sistemas e avaliação de riscos dessas aeronaves inovadoras (ANAC, 2025).

Desta forma, os desafios são significativos, desde a falta de infraestrutura adequada (como vertiportos e redes de energia) até a complexidade de integrar essas aeronaves ao espaço aéreo tradicional sem comprometer a segurança. Verifica-se que a solução passa pela colaboração global alinhando as normas da OACI, EASA e FAA, bem como investimentos em pesquisa e infraestrutura, priorizando a segurança sem sufocar a inovação.

4.2 Regulamentação de vertiportos e operação em espaços aéreos urbanos

O transporte aéreo, tanto de passageiros quanto de cargas, tem um enorme potencial para revolucionar a mobilidade, oferecendo agilidade, eficiência e integração com outros modais. A adoção de aeronaves eVTOL pode aliviar o tráfego intenso nos centros urbanos, proporcionando uma alternativa ágil aos deslocamentos convencionais. No entanto, para que essa inovação se torne realidade, é essencial superar desafios regulatórios e garantir a confiança e aceitação da sociedade, fatores fundamentais para a consolidação dessa tecnologia no cotidiano das cidades.

Para que essa transformação se concretize, é imprescindível desenvolver infraestruturas adequadas para receber esses veículos. Seja em terminais urbanos ou pontos de conexão estratégicos, cada estrutura deve ser planejada de acordo com sua função e escala de operação. Compreender essas diferentes categorias desde pequenos vertiportos até estações de maior capacidade é essencial para integrar essa tecnologia de forma harmoniosa e eficiente ao ecossistema de transporte das cidades.

Os Estados regulamentam ainda um conjunto de atividades com o fundamento de garantir a transparência dos processos, da informação, do seu conteúdo com vista a que os cidadãos consumidores tomem decisões conscientes e informadas, corrigindo assim as falhas do mercado. Cabe ainda aos Estados fazer cumprir as normas e as Leis por todos os envolvidos, garantindo assim a segurança da Comunidade (Santos, 2024, p. 20).

Nesta premissa a indústria privada desempenha um papel fundamental na construção do marco regulatório da aviação civil, contribuindo ativamente na formulação de políticas e normas do setor. Empresas como concessionárias aeroportuárias, fabricantes de aeronaves, companhias aéreas e prestadores de serviços técnicos, desde manutenção até operações em solo, não apenas acompanham, mas moldam as discussões por meio de sua participação em consultas públicas, debates especializados e comitês de assessoramento (Silva; Cavalcante; Oliveira, 2025, p.13).

No cenário nacional o Poder Legislativo desempenha um papel fundamental na aviação civil brasileira, atuando na criação de normas, na fiscalização e na definição do orçamento, garantindo assim a estrutura legal e institucional do setor. O Congresso Nacional é o responsável por elaborar leis importantes, como o Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº 7.565/1986) e a Lei do Sistema de Aviação Civil, além de outras normas que protegem os direitos dos passageiros, regulam preços, melhoram a infraestrutura dos aeroportos e incentivam o desenvolvimento regional. Essas medidas são essenciais para assegurar um setor aéreo organizado, seguro e eficiente para todos (Silva; Cavalcante; Oliveira, 2025, p.11).

Pelos estudos identificou-se que um dos pontos sensíveis às operações dos eVTOLs é a infraestrutura em solo dedicada a essas aeronaves, tendo em vista que, os vertiportos necessitam serem dotados de condições de operação, desde auxílios à navegação aérea, iluminação e procedimentos de voo.

Cabe anotar que ainda não há padrões nem regulamentos estabelecidos para este fim em nível internacional, mas estuda-se basear as normas para vertiportos a partir da adaptação das diretrizes utilizadas para heliportos. Com efeito, é importante ressaltar que alguns dos padrões utilizados para aeródromos e heliportos podem não ser adequados para os requisitos de performances de aeronaves eVTOL (Pereira; Silva, 2023, p. 21).

A regulamentação desse novo modal aéreo representa um desafio complexo, pois impactará profundamente diversos aspectos da sociedade. Trata-se de uma transformação

que redefinirá o espaço aéreo, exigindo novos protocolos de segurança para passageiros, integração com a mobilidade urbana, critérios ambientais sustentáveis e diretrizes nos projetos das aeronaves. Cada uma dessas dimensões, requer atenção cuidadosa, pois moldarão o futuro da aviação urbana e sua convivência harmoniosa com as cidades.

No Brasil, a Embraer destaca-se entre as empresas que estão desenvolvendo aeronaves eVTOL, além de investir em sistemas de gestão de tráfego aéreo urbano baseados em inteligência artificial. Essa solução tecnológica terá, entre suas funcionalidades, a capacidade de reconfigurar rotas em tempo real em resposta a condições meteorológicas adversas, prevenir conflitos de tráfego e mitigar riscos de colisão. Estima-se que o sistema esteja operacional dentro de aproximadamente dez anos, representando um avanço significativo na infraestrutura de mobilidade aérea urbana.

Um novo cenário da aviação civil brasileira, incluindo aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical, começou a tomar forma, e algumas empresas do setor começaram a incorporá-las em suas frotas. Dentre essas organizações, pode-se reconhecer o potencial de fusões na Azul Linhas Aéreas, Gol Linhas Aéreas Inteligentes, Embraer, Helisul *Aviation* e Flapper. Gol anunciou acordo de intenção de compra ou arrendamento de 250 aeronaves eVTOL VA-X4 com a Avolon. Da Aeroespacial Vertical. A Embraer desenvolve veículos eVTOL por meio da *Eve Air Mobility*, que futuramente fará parte de um portfólio global de mais de 20 clientes e investidores associados (Azevedo, 2024, p. 73).

Santos (2024, p. 20), analisou em paralelo, a atuação do consórcio português FLY.PT, que vem se consolidando como um ator relevante no desenvolvimento de aeronaves eVTOL. A iniciativa busca fomentar a capacitação da indústria aeronáutica nacional para enfrentar os desafios da transformação no transporte aéreo urbano, posicionando Portugal na vanguarda desta tecnológica.

Este estudo sobre os vertiportos permitiu constatar que esta nova modalidade de transporte tem recebido significativa atenção por parte de governos e autoridades regulatórias. Tal interesse decorre tanto da relevância estratégica do tema quanto dos profundos impactos socioeconômicos, urbanísticos e ambientais que sua implementação poderá acarretar.

Um dos aspectos críticos para a operação dos eVTOLs é a criação de uma infraestrutura adequada de vertiportos. A ANAC tem trabalhado em conjunto com o DECEA e outros órgãos reguladores para definir os requisitos para a construção e operação de vertiportos, que devem atender a normas de

segurança, acessibilidade e integração modal (ligação com outros meios de transporte). As regulamentações devem considerar o impacto urbano, como ruído, segurança e viabilidade de operação em áreas densamente povoadas (Marchetti, 2024, p. 39-40).

No tocante aos Estados Unidos da América, o estudo revelou a emergência de relevantes questionamentos quanto aos padrões técnicos aplicáveis à seleção, concepção e operacionalização de vertiportos. Essas infraestruturas críticas demandam criteriosa localização estratégica, além de exigir sistemas e instalações especializadas capazes de suportar com segurança as operações desta nova geração de aeronaves (Santos, 2024, p. 23).

Em relação a regulação dos vertiportos na China, o estudo revelou a ausência de um marco regulatório específico, no entanto identificou-se a existência o papel do Estado como regulador, na segurança, recursos ambientais, proteção a eficiência e o controle da observância de prazos e metas de desenvolvimento destas tecnologias (Santos, 2024, p. 24).

Portanto, a consolidação desta modalidade de transporte aéreo urbano demanda a implantação estratégica de vertiportos no tecido urbano. Esta transformação no paradigma de mobilidade requer não apenas o desenvolvimento de aeronaves de pouso e decolagem vertical, mas também a infraestrutura especializada de acolhimento e plataformas integradas de operação.

As agências reguladoras, como a ANAC no Brasil e FAA dos Estados Unidos da América, estão desenvolvendo normas para vertiportos, estabelecendo critérios de segurança operacional, distanciamento de estruturas, espaços de manutenção, sistemas de navegação e acessibilidade. Entretanto, o caráter inovador da Mobilidade Aérea Urbana (UAM) e a evolução contínua dessas regulamentações geram incertezas para os investidores, demandando acompanhamento constante das atualizações normativas (Marchetti, 2024, p. 47).

Examinou-se recentemente A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) anunciou as empresas selecionadas para participar do Ambiente Regulatório Experimental (*Sandbox* Regulatório) de vertiportos, plataformas essenciais para operações de aeronaves de pouso e decolagem vertical (VTOLs). As companhias escolhidas terão o desafio de desenvolver soluções inovadoras para estabelecer o padrão

de vertiportos no país, trabalhando em conjunto com a agência reguladora na construção do marco normativo deste novo segmento da aviação civil brasileira. Esta iniciativa estratégica visa fomentar o ecossistema de Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no Brasil, alinhando desenvolvimento tecnológico e segurança operacional.

Nesse contexto:

Ainda, ao entender o momento de estudos que se atravessa internacionalmente, a Superintendência se vale de um Ambiente Regulatório Experimental (*Sandbox* Regulatório) para tais infraestruturas, de forma a entender, na prática, e junto à indústria, os mecanismos mais adequados para o tratamento regulatório. Como ponto de partida e levando-se em conta certa similaridade operacional entre helicópteros e aeronaves eVTOL, uma vez que ambos realizam pouso e decolagem vertical, recomenda-se, nesta fase inicial, que as infraestruturas destinadas ao pouso e decolagem de aeronaves eVTOLs respeitem, considerando adaptações singulares, os requisitos mínimos exigidos atualmente para a operação de helicópteros, em especial no que diz respeito às características físicas da infraestrutura e aos auxílios visuais. Os referidos requisitos encontram-se dispostos no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC nº 155 – Helipontos (ANAC, 2023, p.3-4).

Pela análise Silva, Cavalcante e Oliveira (2025, p.15), diante desse panorama, propõem o fortalecimento dos fóruns multilaterais e mecanismos colaborativos para aprimorar a integração normativa e operacional do setor. Além disso, recomenda-se a ampliação dos canais participativos e a institucionalização de práticas de regulação responsiva, capazes de evitar captura regulatória e promover uma cultura de segurança operacional, sustentabilidade e inovação contínua.

Além dos desafios relacionados aos vertiportos, a gestão do tráfego aéreo urbano emerge como outro aspecto crítico a ser superado, demandando o desenvolvimento de sistemas especializados que garantam a integração segura e eficiente das operações de eVTOLs no espaço aéreo já congestionado das áreas metropolitanas. Essa complexa tarefa envolve a criação de protocolos avançados de controle de tráfego aéreo, a implementação de sistemas de comunicação robustos, a perfeita integração com a infraestrutura aérea existente e a adoção de mecanismos eficazes para prevenção de conflitos aéreos, elementos essenciais para viabilizar a Mobilidade Aérea Urbana de forma sustentável e segura.

A Agência Nacional de Aviação Civil está desenvolvendo um modelo integrado de gestão do espaço aéreo urbano para acomodar com segurança as operações de eVTOLs

e outras aeronaves de UAM nas regiões metropolitanas brasileiras. Este sistema inovador visa estabelecer corredores aéreos específicos, definir zonas operacionais para vertiportos e garantir plena interoperabilidade com a infraestrutura existente do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro, gerenciado pelo DECEA, permitindo a coexistência segura e eficiente de helicópteros, drones e aeronaves elétricas de decolagem vertical no mesmo ecossistema aéreo (Marchetti, 2024, p. 39).

Constatou Pereira e Silva (2023, p. 23):

Sobre o Gerenciamento do Tráfego Aéreo, o processo para solucionar a falta de normatização para aeronaves eVTOLs é naturalmente mais complexo. Assim, hodiernamente no Brasil não há regulamentação em vigor que abranja as especificidades das operações de transporte de passageiros em veículos eVTOLs.

Atenta-se para os estudos de Prado e Galbiatti (2024, p. 77), no qual outros aspectos críticos demandam atenção, pois os veículos aéreos urbanos precisarão operar em corredores de voo situados acima da linha dos edifícios, espaço notoriamente perigoso devido à presença de aves, drones não autorizados e turbulências atmosféricas imprevisíveis. Igualmente complexa é a questão dos pousos, que exigirão infraestruturas especializadas no topo de edifícios, uma vez que as cidades não dispõem de espaços abertos suficientes para esta finalidade, muito menos áreas adaptadas com os equipamentos necessários para operações verticais seguras. Esta realidade impõe significativos desafios técnicos e regulatórios para garantir a segurança das operações em ambientes urbanos densamente povoados.

Dado isso, o espaço aéreo urbano, especialmente nas baixas altitudes onde operam helicópteros, drones e futuramente os eVTOLs, apresenta desafios complexos que exigem soluções inovadoras.

O espaço aéreo é dividido em diferentes classes para acomodar diversos tipos de operações e garantir a segurança e a eficiência dos voos, e neste sentido esse sistema de classificação necessitará ser regulamentado para a reconfiguração e adaptação dos eVTOLs.

Nos espaços aéreos das classes A, B e C, os serviços de controle são rígidos Já nas Classes D, E e G, o controle é menos intensivo, com uma combinação de responsabilidade do piloto e supervisão limitada. [...] A importância desse

sistema de classificação é que ele permite que diferentes tipos de voos coexistam de forma segura, seja em espaços controlados como grandes hubs aeroportuários ou em áreas menos movimentadas, onde a flexibilidade é maior. No entanto, a introdução de eVTOLs e outras formas de mobilidade aérea urbana exigirá um redesenho dessas regras e a criação de uma nova classe de espaço aéreo ou a adaptação dos espaços existentes (Marchetti, 2024, p. 34).

Diferentes nações em relação a regulação, estão adotando abordagens estratégicas para viabilizar a Mobilidade Aérea Urbana (UAM), cada qual com suas particularidades. No Oriente, Japão e Coreia do Sul desenvolvem modelos de colaboração entre setores público e privado para estruturar corredores aéreos urbanos e implantar a infraestrutura necessária para operações com eVTOLs. Paralelamente, os Estados Unidos avançam em pesquisas aplicadas através do programa *UAM Grand Challenge*, conduzido pela NASA em parceria com a FAA, que emprega simulações e testes práticos para avaliar a viabilidade operacional dessas aeronaves em complexos ambientes metropolitanos, com ênfase especial na segurança aeronáutica e na eficiência do gerenciamento do espaço aéreo congestionado. Essas iniciativas demonstram a importância da cooperação institucional e da inovação tecnológica para a consolidação desta nova modalidade de transporte (Marchetti, 2024, p. 38-39).

Portanto, a integração segura de eVTOLs no espaço aéreo urbano enfrenta desafios multidimensionais que vão desde limitações de autonomia, infraestrutura de vertiportos, protocolos de emergência e gestão de tráfego em ambientes urbanos complexos. Esses fatores demandam soluções técnicas e regulatórias robustas para viabilizar operações.

Por conseguinte, a consolidação da UAM exige superar desafios complexos, como a regulamentação de vertiportos, a integração segura de eVTOLs no espaço aéreo congestionado e a harmonização de normas técnicas internacionais.

Afinal, esses obstáculos demandam soluções coordenadas entre Estado, iniciativa privada e sociedade, alinhadas aos princípios do artigo 170 da Constituição Federal de 1988, que prevê a livre iniciativa, concorrência e a defesa do consumidor pautadas pela segurança operacional e sustentabilidade. A criação de marcos regulatórios adaptativos como *Sandbox* Regulatório e a revisão das classes de espaço aéreo, somada à cooperação internacional e ao investimento em infraestrutura, será crucial para equilibrar inovação

tecnológica, eficiência econômica e proteção aos direitos dos cidadãos, assegurando que a UAM se desenvolva como um modal inclusivo e alinhado ao interesse público.

5 CONCLUSÃO

Ao término da pesquisa, evidenciou-se que o transporte aéreo é um pilar indispensável ao desenvolvimento econômico contemporâneo, integrando regiões e dinamizando fluxos comerciais e culturais em escala global. No cenário brasileiro, sua relevância é ainda mais estratégica, dada a necessidade de superar desafios históricos de infraestrutura e planejamento. A emergência de tecnologias, como os eVTOLs, apresenta oportunidades para revolucionar a mobilidade urbana, mas que demanda investimentos robustos e regulamentação adaptativa que equilibre inovação, segurança e interesse público.

Contudo, o potencial transformador do modal aéreo só se concretizará por meio de políticas públicas eficientes, capazes de articular os setores público e privado em prol de uma infraestrutura aeroportuária moderna e inclusiva. Mais do que um simples meio de locomoção, a aviação civil revela-se um catalisador de desenvolvimento sustentável, cujo aprimoramento contínuo é essencial para garantir a competitividade nacional e a qualidade de vida da população, em consonância com os princípios constitucionais previstos na ordem econômica.

No que refere-se ao segundo capítulo, o estudo analisou que os eVTOLs emergem como uma solução tecnológica promissora para os desafios contemporâneos de mobilidade urbana e sustentabilidade ambiental, representando uma inovação e responsabilidade ambiental. Verificou-se, o potencial para reduzir congestionamentos e emissões poluentes se posicionando, como pilar da futura Mobilidade Aérea Urbana (UAM). No entanto, sua implementação em escala enfrenta desafios multidimensionais, desde a implementação regulatória e altos custos iniciais até a necessária aceitação social, exigindo abordagens que harmonizem avanço tecnológico, acessibilidade econômica e segurança operacional.

A efetiva adoção dessa tecnologia demandará, portanto, uma governança colaborativa entre setores público e privado, capaz de transformar desafios em oportunidades. Ao integrar políticas de incentivo, marcos regulatórios e diálogo social

contínuo, os eVTOLs poderão transcender seu caráter experimental para se tornarem vetores de um desenvolvimento urbano mais inclusivo e sustentável, alinhado às demandas do século XXI.

Por fim, a regulação dos eVTOLs, configura-se como um desafio global. No direito comparado, observa-se que agências como a FAA, EASA e ANAC, buscam desenvolver marcos regulatórios, equilibrando padrões internacionais da OACI com particularidades locais. Essas iniciativas, em consonância com princípios constitucionais como a livre iniciativa e a defesa do consumidor de acordo com o artigo 170 da Constituição Federal, evidenciam a necessidade de modelos que incentivem o desenvolvimento tecnológico sem comprometer a meio ambiente e a segurança dos usuários.

Constatou-se na pesquisa que a experiência internacional demonstra que a colaboração entre setores público e privado é essencial para superar desafios como a certificação de aeronaves, a infraestrutura de vertiportos e a gestão do tráfego aéreo urbano. Enquanto os Estados Unidos da América e a Europa avançam em regulamentações específicas para operações de eVTOLs, o Brasil explora mecanismos como o *Sandbox* Regulatório, alinhando-se às melhores práticas globais sem perder de vista suas peculiaridades socioeconômicas.

Afinal, a adoção de uma governança multinível, que permita e integre normas técnicas, políticas urbanas, será possível transformar os eVTOLs em vetores de desenvolvimento sustentável, respeitando tanto as demandas do mercado quanto o interesse público.

REFERÊNCIAS

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Alerta aos Operadores de Aeródromos. 2023. https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aeroportos-e-aerodromos/arquivos/ALERTAn001_2023InfraestruturaparapousoedecolagemdeaeronaveVTOL.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Anac abre consulta setorial sobre objetivos de segurança para aeronaves eVTOL. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2025/anac-abre-consulta-setorial-sobre-objetivos-de-seguranca-para-aeronaves-evtol>. Acesso em 24 jun. 2025.

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Nota Técnica no 114/2021/GTPI/GCOP/SAI. 2021. Disponível em: https://sei.anac.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibXMqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5RZZoyQAsSne7bGfDn32UCPiwSywl3TlqBfTtHuN8yTQ5RvMlzUWWdiI9PM1utcU_OXh7fz-90eDdoq__GTK7RA. Acesso em: 23 jun. 2025.

AURÉLIO, Bruno. A exploração da infraestrutura aeroportuária no Brasil. 1. ed. São Paulo: Editora Contracorrente, 2017.

AZEVEDO, Kely Cristina Gois de. Implementação e Potencial das Aeronaves Elétricas com Decolagem e Pouso Vertical (eVTOL) no Brasil: Perspectivas para a Mobilidade Aérea Urbana. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 66-83, abr./mai. 2024.

BARAT, Josef. Logística, transporte e desenvolvimento econômico: a visão setorial. São Paulo: Editora CLA. 2007.

BERCOVICI, Gilberto. Infraestrutura e desenvolvimento. In: BERCOVICI, Gilberto; VALIM, Rafael (Coord.). Elementos de Direito da Infraestrutura. São Paulo: Editora Contracorrente, 2015.

BERGER; Roland. Urban Air Mobility. 2020. Disponível em: https://www.rolandberger.com/publications_pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. Tecnologia eVTOL é discutida em feira de Drones em São Paulo. 2023. Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=tecnologia-evtol-e-discutida-em-feira-de-drones-em-sao-paulo. Acesso em: 20 jun. 2025.

CARVALHO, André Castro. Direito da Infraestrutura: Perspectiva Pública. São Paulo: Quartier Latin, 2014.

DAL POZZO, Augusto Neves. O Direito Administrativo da Infraestrutura. São Paulo: Editora Contracorrente, 2020.

EXPO. FAA publica regras para treinamento de pilotos e instrutores de eVTOLs. 2024. Disponível em: <https://expoevtol.com/faa-publica-regras-para-treinamento-de-pilotos-e-instrutores-de-evtols/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FIGUEIREDO, Giovani Caron. A Revolução dos eVTOLs: Como os Veículos Elétricos de Decolagem e Pouso Vertical Podem Impactar a Sociedade, a Economia e ao Meio Ambiente. Monografia (Trabalho de Conclusão de Engenharia de Produção) - Universidade Unisagrado, Bauru, 2023.

FURTADO, Celso. Desenvolvimento e Subdesenvolvimento. Rio de Janeiro: Contraponto: Centro Internacional Celso Furtado, 2009.

- IZERROUGENE, Bouzid. Inovação Tecnológica e Ciclo Econômico. *Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política*, Niterói, v. 35, p. 71-91, jun. 2013.
- LAZARI, Rafael José Nadim de. *Análise Econômica do Direito Constitucional: um caminho hermenêutico*. Belo Horizonte: D' Plácido. 2023.
- MARCHETTI, Vitor de Oliveira. *Infraestrutura Urbana e Aérea para a Integração de Aeronaves eVTOL: Desafios e Soluções*. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Aeronáutica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.
- MORAES, Marcela Barbosa de; CAMPOS, Teodoro Malta; LIMA, Edmilson. Modelos de Desenvolvimento da Inovação em Pequenas e Médias Empresas do Setor Aeronáutico no Brasil e no Canadá. *Revista Gestão & Produção*, São Carlos, v. 26, n. 1, p. 1-15, 2019.
- NAKAMURA, André Luiz dos Santos. *Infraestrutura de Transportes*. Curitiba: Juruá, 2019.
- OLIVEIRA, Paulo Francisco de; QUADROS, Doacir Gonçalves de. Promoção da Inovação Tecnológica e Maximização da Eficiência Regulatória: Uma Análise Econômica da Regulação de Novas Tecnologias. *Revista Brasileira de Filosofia do Direito*, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 01-23, jan./jul. 2022.
- PEREIRA, Victor Antônio Costa; SILVA, Tammyse Araújo da. Aeronaves EVTOL como um Novo Conceito de Aviação no Brasil: Desafios, Implementação e Perspectivas. *Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas*, Florianópolis, v. 3, n. 3, p. 7-31, jun./jul. 2023.
- PRADO, Magaly; GALBIATTI, Gustavo. No ar: Carro voador como máquina autônoma sem emissão em análise de viabilidade. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo, v. 38, n. 110, p. 67-86, 2024.
- ROCHA, Micael. Regulamentação de Licenças para os eVtol é o tema de consulta pública. 2024. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/regulamentacao-de-licencas-para-os-evtol-e-tema-de-consulta-publica.html>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- SALOMÃO FILHO, Calixto. *Regulação da Atividade Econômica (Princípios e Fundamentos Jurídicos)*. São Paulo: Malheiros, 2001.
- SANTOS, Sara Elisabete Martins Videira dos. *Infraestruturas para Mobilidade Aérea Urbana – Vertiportos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2024.
- SILVA, Antônio José; CAVALCANTE, Ailton Ferreira; OLIVEIRA, Valdivino José de. Governança Multinível na Aviação Civil. *Revista Observatório de La Economia Latinoamericana*, Curitiba, v. 23, n. 4, p. 01-17, 2025.
- SOUZA, Giovanna Matuura de Batista. *Identificação e análise do modelo de negócios do novo setor de Veículos Aéreos Elétricos de uso Urbano (eVTOL)*. 2021. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação Ciências Aplicadas) - Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2021.

VERDE, Lucas Henrique Lima; MIRANDA, João Irineu de Resende. O futuro da propriedade intelectual no Brasil: Análise Econômica do Direito sobre o Marco da Ciência, Tecnologia e Inovação. Porto Alegre: Fi, 2019.

Contribuição dos autores

Todos os autores contribuíram igualmente para o desenvolvimento deste artigo.

Disponibilidade dos dados

Todos os conjuntos de dados relevantes para as conclusões deste estudo estão totalmente disponíveis no artigo.

Como citar este artigo (APA)

Vita, J. B., Cardoso, C. H. B., Lopes, T. R., & Alonso, G. H. (2026). DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA REGULAMENTAÇÃO DE AERONAVES eVTOLs: UMA ANÁLISE DAS ESTRUTURAS NORMATIVAS NO BRASIL E NO MUNDO. *Veredas Do Direito*, 23, e235391. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5391>