

# Desafios Regulatórios do Espaço Urbano na Implantação de Veículos Elétricos de Pouso e Decolagem Vertical (eVTOLs): Novas Tecnologias para a Mobilidade Sustentável na Cidade de São Paulo

Henrique Andrade Porto<sup>1</sup>  
Irene Patrícia Nohara<sup>2</sup>  
Carlos Eduardo de Araujo<sup>3</sup>

## Resumo

O artigo analisa os desafios regulatórios para implantação de veículos elétricos de pouso e decolagem vertical, os chamados eVTOLs, no contexto de novas tecnologias voltadas para a mobilidade sustentável na cidade de São Paulo. Examina-se como os eVTOLs podem viabilizar alternativas de mobilidade sustentável na metrópole. É problematizada uma nova dimensão regulatória, que é aquela direcionada ao espaço aéreo urbano, sendo que, costumeiramente, a regulação do espaço aéreo não estava sob a competência municipal. Contudo, no caso

- 
- 1 Advogado, professor e pesquisador. Doutorando em Direito Político e Econômico na Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM/SP). Mestre em Direito Político e Econômico na Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM/SP). Membro dos Grupos de Pesquisa (CNPQ) Estado e Economia no Brasil e Modelos de Gestão e Eficiência do Estado (CNPQ). Lattes ID <http://lattes.cnpq.br/2976116674753918>. Orcid ID <https://orcid.org/0000-0003-4250-5587>. E-mail: henrique.andrade.porto@gmail.com.
  - 2 Livre-docente e doutora em Direito do Estado pela Universidade de São Paulo (USP). Professora pesquisadora do Programa de Direito Político e Econômico da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Advogada parecerista e árbitra em contratos administrativos. Líder do Grupo de Pesquisa registrado no CNPq Modelos de Gestão e Eficiência do Estado.
  - 3 Procurador Legislativo da Câmara Municipal de São Paulo desde 2010, tendo ingressado mediante concurso público de provas e títulos. Doutorando em Filosofia do Direito na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Mestre em Direito Político e Econômico na Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM/SP). Especialista em Direito Administrativo pela PUC-SP.

do eVTOL, há desafios de ajustes urbanísticos a serem enfrentados, sendo abordadas as condições de infraestrutura essenciais para a implantação do eVTOL, com foco nas necessidades de operação segura dos chamados vertiportos. Espera-se contribuir com estudos para apontar os desafios jurídico-regulatórios para que tal tecnologia, que será comum num futuro não tão distante, se estabeleça com segurança, eficiência e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** eVTOL; Mobilidade; Regulação; Urbanismo; Vertiporto.

## Introdução

Em 7 de julho de 2025, a Prefeitura de São Paulo, por meio da Portaria da Secretaria do Governo Municipal, editou a Portaria SGM nº 181, de 7 de julho de 2025, instituindo o Grupo de Trabalho Intersecretarial (GTI), com a finalidade de desenvolver estudos técnicos e propor diretrizes e instrumentos regulatórios para a viabilidade, implantação e operação de veículos elétricos de pouso e decolagem vertical (eVTOLs) no município de São Paulo.

Em virtude de algumas de suas características, o veículo ganhou entre alguns grupos a alcunha de “carro voador”. O eVTOL mexe com a imaginação das pessoas, pois parece realizar o sonho disruptivo de alçar voo acima de todo o trânsito de uma megalópole, encurtando distâncias de maneira sustentável, menos poluente, chegando em poucos minutos em locais que, em solo, com trânsito, durariam horas de deslocamento. Essa utopia futurista retratada nos desenhos animados de Hannah-Barbera, com a série os Jetsons, contribuiu de maneira significativa para alimentar a imaginação de inúmeras pessoas que agora, quando confrontadas com o avanço das tecnologias, têm a sensação de estar vivenciando algo até então inimaginável no mundo fora das telas.

Apesar do grande referencial, existem consideráveis distinções entre os veículos do desenho animado das aeronaves que estão sendo desenvolvidas atualmente. Como um dos grandes atrativos dos nossos “carros voadores” destaca-se o fato de eles serem provenientes de energia verde, isto é, são veículos elétricos movidos a bateria, ao invés dos carros dos Jetsons, que eram veículos a combustão, fato perceptível através de um olhar mais detalhado que logo identifica o cano de um escapamento a soltar fumaça, que emitia um barulho curioso de combustão. Além disso, é possível identificar na famosa cena de abertura da série animada que quem realizava a condução do veículo era o patriarca da família, o Sr. George Jetson, cena que hoje se assemelha ao cenário inicial de implementação desta aeronave, em que haverá a presença de um piloto, mas que logo restará

desatualizada, pois não apenas se vislumbra mas já existe a ocorrência de operações autônomas, sem a presença de nenhum piloto, em diversos países, tornando a realidade ainda mais criativa que a ficção.

Saindo das animações para as universidades, o Grupo de Pesquisas Modelo de Gestão e Eficiência do Estado – do qual os presentes coautores fazem parte e que integra o Programa de Pós-Graduação em Direito Político e Econômico (PPGDPE) da Universidade Presbiteriana Mackenzie – há tempos já mapeava a implantação dos eVTOLs enquanto nova tecnologia que tem potencial de contribuir para a mobilidade sustentável do espaço urbano, sendo esse o tema das pesquisas qualificadas de Doutorado de Henrique Porto. Assim, houve um esforço no sentido de integrar-se com outros grupos semelhantes, a fim de formar uma rede de colaboração com o intento de contribuir para a regulação do espaço urbano na implantação do eVTOL. Nessa linha, o grupo articulou-se com o Núcleo de ensino e pesquisa em Automação e Simulação (NepAS), do Centro de Robótica (CRob) da USP, e com o Departamento de Engenharia Aeronáutica, da Escola de Engenharia de São Carlos da USP, e ofereceu manifestação para colaborar com os trabalhos do GTI, na qualidade de representantes da Academia.

Além das parcerias supramencionadas, também nos unimos a Carlos Eduardo de Araújo, Procurador Legislativo da Câmara Municipal de São Paulo, a fim de que pudéssemos ampliar nossa contribuição com o tema nesta edição da Revista Parlamento e Sociedade, que tem como norte as novas regulações da cidade, com ênfase em analisar os desafios regulatórios do espaço urbano na implantação de veículos elétricos de pouso e decolagem vertical (eVTOLs), tendo em vista abordar novas tecnologias que contribuam com uma mobilidade sustentável na cidade de São Paulo.

A introdução de veículos elétricos de pouso e decolagem vertical em megacidades como São Paulo traz não apenas expectativas em torno da mobilidade aérea urbana, mas também uma série de desafios regulatórios, tecnológicos e sociais que precisam ser cuidadosamente enfrentados antes, durante e depois de sua implementação. O potencial de descongestionar vias terrestres saturadas, reduzir tempos de deslocamento e oferecer uma alternativa de transporte sustentável é amplamente reconhecido pela literatura científica internacional, ao mesmo tempo que contribui com o meio ambiente paulistano, que se encontra negativamente saturado.

A concretização dessa tecnologia, sobretudo no contexto da capital paulista, demanda um arcabouço institucional robusto, capaz de equilibrar inovação tecnológica com segurança, sustentabilidade, integração e aceitação pública.

Um dos primeiros obstáculos a ser superado refere-se à gestão do espaço aéreo. Diferentemente da aviação comercial tradicional, que opera em altitudes elevadas, os eVTOLs ocuparão o espaço aéreo de baixa altitude, dividindo espaço com os drones de entrega, alguns dos famosos edifícios paulistanos e até, em certa medida, altitudes frequentadas por aeronaves como helicópteros e alguns táxis aéreos.

Em São Paulo, essa questão assume contornos ainda mais complexos, pois a cidade é cercada por um dos maiores sistemas aeroportuários do país (Congonhas, Guarulhos, Campo de Marte e Viracopos, em Campinas) e possui intensa movimentação aérea civil, executiva e policial, com uma das maiores frotas de helicópteros do mundo. De acordo com a Associação Brasileira dos Pilotos de Helicóptero (Abraphe), São Paulo possui uma das maiores frotas de helicópteros do planeta, tendo superado grandes metrópoles como Nova York e Tóquio. No estado de São Paulo concentra-se mais da metade dos cadastros de helicópteros do país, com a capital paulista possuindo uma média mensal de 2.200 pousos e decolagens.

Dessa forma, a materialização do eVTOL exigirá que a Prefeitura, em coordenação com a ANAC, o DECEA, a FAB e a INFRAERO, atue na concepção do tráfego de eVTOLs sem comprometer a segurança dos voos já existentes, tendo ainda o desafio de integrar essa nova modalidade de transporte aéreo com os modais de mobilidade terrestres existentes.

Outra diretriz a ser enfrentada diz respeito à regulação municipal, que não se confunde com a regulação da aviação civil em si, por incidir decisivamente sobre a maneira como essa tecnologia se articulará com a dinâmica urbana, o que confere à Prefeitura de São Paulo papel decisivo na viabilização da mobilidade aérea urbana de forma ordenada e inclusiva. Neste ponto, a análise acerca da competência legislativa para a regulação dos eVTOLs abarca não apenas os municípios, mas tem impacto em todo o território nacional, impondo, portanto, a necessidade de diferenciar os âmbitos de atuação da União, de um lado, e do Município, de outro.

Assim, o estudo necessariamente perpassa pela análise das competências materiais e legislativas constitucionais acerca do tema, e se expande para os demais ordenamentos nacionais, afinal, o caráter inovador é dotado de tamanha complexidade, que não se resume a apenas um dispositivo, devendo o município tutelar a instalação e o funcionamento dos vertiportos, os impactos ambientais e urbanísticos decorrentes de sua utilização, bem como a integração dessa nova modalidade ao sistema de transporte público e privado da cidade.

Outro aspecto central de acentuada relevância diz respeito à aceitação pública. A confiança social, em novas tecnologias de transporte aéreo, tanto dos usuários quanto das pessoas que serão afetadas por ele, depende de fatores como percepção de segurança, impactos sonoros e garantias de privacidade. No caso de São Paulo, a densidade populacional e a desigualdade socioespacial ampliam esses desafios.

O sobrevoo de aeronaves em áreas densamente povoadas suscita preocupações com acidentes, enquanto o ruído gerado em regiões já castigadas pela poluição sonora pode reforçar resistências locais. Além disso, a prefeitura invariavelmente terá de enfrentar o debate inerente a este veículo, qual seja, sua acessibilidade econômico-financeira, em outras palavras, se os eVTOLs serão acessíveis apenas a uma elite econômica ou terão um alcance muito maior do que ocorre hoje com os helicópteros. Assim, uma introdução equivocada pode reforçar desigualdades no acesso à mobilidade urbana sustentável, a menos que políticas públicas garantam formas de sua integração com o transporte coletivo ou mesmo evitem que sejam praticadas tarifas menos inclusivas.

No campo tecnológico, o ciclo de vida das baterias desponta como um dos principais gargalos. Embora a propulsão elétrica seja considerada um diferencial sustentável, as baterias de lítio sofrem degradação acelerada em usos intensivos, exigindo, por conseguinte, substituições frequentes.

Em São Paulo, esse problema se soma à limitação estrutural da matriz elétrica urbana, uma vez que a rede de distribuição de energia elétrica já opera próximo ao limite em diversos bairros da cidade, e tem apresentado problemas frequentes. Some-se a isso o fato de que a instalação de vertiportos com capacidade de recarga rápida exigirá investimentos significativos em infraestrutura elétrica. Isso implica que a Prefeitura precisará articular parcerias com outros entes, bem como com concessionárias de energia, como a Enel, para integrar a estratégia de mobilidade aérea ao seu planejamento energético, algo que, até agora, não está consolidado em instrumentos urbanísticos relevantes tais como o Plano Diretor Estratégico e o Plano de Mobilidade Urbana.

Por fim, a integração tecnológica entre os eVTOLs e a infraestrutura urbana exige investimentos em conectividade digital e em planejamento territorial. A operação segura e otimizada dessas aeronaves depende de sistemas de comunicação, capazes de conectar aeronaves, vertiportos e centros de controle em tempo real.

No entanto, a instalação de vertiportos em São Paulo precisa enfrentar questões urbanísticas sensíveis: onde localizá-los em uma cidade de alta densidade,

com escassez de terrenos disponíveis e forte pressão sofrida pela especulação imobiliária? Quais critérios serão usados para sua distribuição territorial, de modo a evitar a concentração apenas em áreas centrais e de maior renda? A Prefeitura terá de responder a essas questões por meio de instrumentos regulatórios claros, que conciliem inovação com planejamento urbano inclusivo.

A experiência internacional mostra que essas decisões são cruciais para o sucesso da mobilidade aérea urbana. Dubai, por exemplo, vem desenvolvendo um modelo de operação comercial com forte ênfase em parcerias público-privadas e em marcos regulatórios específicos para o tráfego aéreo urbano. Los Angeles, por sua vez, tem articulado a implantação dos eVTOLs dentro de sua estratégia de transição para uma mobilidade neutra em carbono até 2035, com foco em aceitação pública e sustentabilidade ambiental. O contraste com São Paulo resta notório, pois, enquanto outras metrópoles avançam em planos integrados e testes-piloto, a capital paulista ainda se encontra em uma fase inicial de debates regulatórios, liderados pela criação do Grupo de Trabalho Intersecretarial (GTI).

Dessa forma, a incorporação dos eVTOLs em São Paulo não deve ser compreendida apenas como uma inovação tecnológica, mas como um desafio multidimensional que envolve aspectos regulatórios, tecnológicos, sociais e econômicos, todos fortemente marcados pelas especificidades do território paulistano. Se bem conduzido, o processo pode não apenas modernizar a mobilidade urbana, mas também reposicionar São Paulo no cenário global de inovação em transporte. A liderança municipal, nesse sentido, será determinante para que a cidade não apenas adote os eVTOLs, mas os integre de maneira sustentável e equitativa ao seu sistema de mobilidade urbana, aprendendo com os avanços e equívocos de outras experiências internacionais.

## **EVTOL como Nova Tecnologia**

Por se tratar de uma aeronave que atende a todos os requisitos para receber os adjetivos de inovadora e futurística, é de se compreender que a definição desses veículos elétricos voadores não está ao alcance de todos, de tal forma que se mostra imperioso apresentar e tornar o mais compreensível possível o conceito de eVTOL. Com seu nome formado pela sigla oriunda do idioma inglês, *Electric Vertical Take-Off and Landing*, que significa veículos elétricos de pouso e decolagem vertical, temos que a nomenclatura resumida (eVTOL) traduz uma das principais características dessas aeronaves, qual seja, a de que são capazes de decolar e pousar verticalmente utilizando somente propulsão elétrica. Tal avanço tecnológico faz com que esses veículos representem uma transformação no setor

aeroespacial, prometendo soluções sustentáveis para o transporte urbano, com redução de emissões de gases poluentes, de ruído e de custos operacionais.

O funcionamento de um eVTOL envolve configurações de propulsão diversas e representa uma evolução dos sistemas VTOL tradicionais, pois se beneficia de avanços dos motores elétricos, baterias e sistemas de controle eletrônico. Algumas aeronaves utilizam o arranjo *lift-plus-cruise*, com rotores exclusivos para decolagem e pouso vertical e um propulsor dedicado ao voo de cruzeiro horizontal; outras empregam rotores basculantes (*tilt-rotor*) ou asas giratórias (*tilt-wing*) (Su *et al.*, 2024). Essas configurações promovem redundância e maior tolerância a falhas, melhorando a segurança e reduzindo custos de aquisição e operação em comparação com sistemas baseados em combustão interna complexos, como turbinas ou motores a pistão (Doo *et al.*, 2021).

Um dos pontos centrais acerca da essência do eVTOL reside na junção da mobilidade aérea urbana com a sustentabilidade mediante a substituição dos combustíveis fósseis por energia elétrica, o que reduz emissões diretas de poluentes, auxiliando nas metas de descarbonização, para o combate das mudanças climáticas, além de uma emissão menor de ruídos. Além disso, as escolhas que estão sendo empregadas na concepção e configuração dessas aeronaves influenciam diretamente o desempenho aerodinâmico, a eficiência energética, os ruídos emitidos e a eficiência da aeronave.

Entre os principais atributos técnicos dos eVTOLs, destaca-se o modelo de propulsão elétrica distribuída, que permite múltiplos motores menores atuando em sincronia, possuindo um sistema em que um motor de grande potência é dividido em vários sistemas de motores de menor potência, que, juntos, possuem a mesma potência total (Zhang *et al.*, 2024). Essa concepção não só reduz o ruído, pois pequenos rotores giram mais rapidamente e com menos impacto acústico do que as lâminas grandes dos helicópteros, como também aumenta a redundância operacional, elevando a segurança. Enquanto os helicópteros tradicionais geram níveis de ruído significativamente maiores, ao redor de 78 dB, alguns *designs* eVTOL, como o da Archer, possuem níveis de cruzeiro em torno de 45 dB,<sup>4</sup> tendo inclusive estudos referenciais que evidenciam a diferença dos impactos acústicos do helicóptero em relação ao eVTOL.

<sup>4</sup> Disponível em: <https://news.archer.com/evtol-aircraft-vs-helicopters?>. Acesso em: 05 de set. 2025.



Fonte: Imagem extraída do blog “From city parks to busy streets: How Joby’s electric air taxi blends into urban soundscapes”, publicado em 28 de agosto de 2025 no site da Joby Aviation.<sup>5</sup>

Os eVTOLs também prometem custos operacionais mais baixos do que os helicópteros convencionais. Isso se deve à economia do custo da eletricidade frente ao combustível de aviação e à menor manutenção requerida por sistemas elétricos, que possuem menos peças móveis do que motores a combustão. Além disso, os estudos indicam que o custo por quilômetro de um eVTOL tende a ser drasticamente inferior ao custo de um helicóptero para percorrer a mesma distância, com os valores no estágio inicial sendo de uma média de U\$ 4,52, o preço por km para cada passageiro, chegando a uma média de U\$ 1,81 por km em um estágio de tecnologia consolidada (Chen *et al.* 2024). Para se ter uma dimensão, a rota Guarulhos ↔ Congonhas, que possui uma distância média de 30km, hoje tem um preço médio de R\$ 8.000,00, e esse preço baixaria para algo em torno de R\$ 750,00 por pessoa, com o câmbio de um dólar estando a 5,5 reais, na métrica média estimada para a tecnologia consolidada, sendo que existem previsões mais otimistas no sentido de que a consolidação dessa tecnologia diminua o valor acima pela metade.

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.jobyaviation.com/blog/ambient-noise-modeling/>. Acesso em: 5 set. 2025.

Além dos sistemas de propulsão, os eVTOLs não apenas redefinem o conceito de VTOL clássico (helicóptero) ao incorporar eletrificação, mas também abrem caminhos para um futuro que trará inovações relacionadas à autonomia, pois tem potencial de expansão com veículos não tripulados, integrando sensores avançados e sistemas de decisão (Xiang *et al.*, 2024). Essa integração permite operações autônomas ou semiautônomas em cenários complexos, como transporte urbano e missões de logística, com sistemas de navegação baseados em inteligência artificial e comunicação em tempo real (Sarwar *et al.*, 2023). Além disso, a capacidade de operar em ambientes com alta densidade de tráfego aéreo, utilizando tecnologias de detecção de obstáculos (LiDAR) e novos sistemas de radares, contribui para evitar colisões, o que fortalece a viabilidade dos eVTOLs operados em meio a infraestruturas urbanas complexas, como é o ambiente do município de São Paulo.

O panorama geral do *design* de aeronaves eVTOL também aponta para a necessidade de metodologias de otimização integradas, capazes de realizar análise multicritério que inclua a massa de decolagem, consumo energético por quilômetro por carga útil e massa de propulsão (Bhandari; Chakraborty, 2025). Esse tipo de modelagem avançada permite identificar padrões ideais entre desempenho e eficiência, que são cruciais para o desempenho dessas aeronaves.

Os próprios designs das aeronaves tendem a fornecer mais conforto aos passageiros, não apenas em relação ao nível de ruído a que eles são expostos, mas também à vibração dessas aeronaves (Doo *et al.*, 2021). Aspectos que podem parecer não tão essenciais à primeira vista, mas que, quando analisados dentro de todo o contexto de implementação, contribuem significativamente para a aceitação dos veículos entre os novos usuários.

A distinção entre eVTOLs e helicópteros tradicionais envolve não apenas a propulsão elétrica *versus* a combustão e a questão dos custos das viagens, mas também o *design* estrutural, pois, enquanto helicópteros dependem de rotores de grande diâmetro com sistemas mecânicos complexos (como o rotor de cauda para compensar torque), muitos eVTOLs utilizam múltiplos rotores pequenos, controlados eletronicamente, o que elimina itens como transmissão pesada e reduz o peso geral.

Além disso, as alturas de viagens dos eVTOLs tendem a ser mais baixas do que as usualmente percorridas pelos helicópteros, sendo atualmente aeronaves com foco em voos de curta distância em ambientes urbanos ou suburbanos. Assim, as altitudes mínimas de cruzeiro estimadas para o eVTOL devem ficar na faixa de 300 pés (aproximadamente 100 metros) acima do solo, a depender

do tipo de operação a ser realizada (táxi aéreo, transporte entre aeroportos, transporte de carga, serviços de emergência) (Zhang *et al.*, 2024), ao passo que atualmente o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) no ICA 100-4 estabelece que os helicópteros em voos VFR sobre cidades não terão altitude inferior a 500 pés.

Com relação aos drones, que são uma outra categoria de aeronave que pode ser elétrica e que possui operações autônomas, é importante delimitar as suas diferenças com o eVTOL, principalmente no que concerne ao tamanho, aos objetivos operacionais e aos sistemas de controle. Embora ambos possam usar propulsão elétrica e múltiplos rotores, os drones são geralmente veículos não tripulados de porte reduzido, projetados para cargas pequenas ou filmagem, enquanto os eVTOLs são aeronaves com capacidade para transportar pessoas e que poderão operar em ambientes urbanos complexos. Os drones costumam ter sistemas simples de controle via software, além de altitudes de voos mais baixas (altura máxima de 400 pés), de acordo com o ICA 100-40 do DECEA, enquanto os eVTOLs demandam processos de certificação mais complexos, possuem pilotos embarcados, redundância crítica e requerem um controle de tráfego aéreo urbano mais robusto em virtude da logística e desafios de suas rotas e por transportarem pessoas.

Dessa forma, temos que o eVTOL é uma tecnologia completamente inovadora que, apesar de semelhante com outras existentes, possui características e nuances que a tornam única, e não por outro motivo, como qualquer tecnologia nascente, os eVTOLs enfrentam desafios regulatórios importantes. Em primeiro lugar, há limitações técnicas relacionadas ao alcance energético das baterias, que atualmente não permitem que longas distâncias sejam percorridas, o que impõe restrições à autonomia e à capacidade de carga das aeronaves, além de gerar preocupações com certificação e segurança (Ma *et al.*, 2023). Além disso, o processo de recarga também é um novo desafio a ser enfrentado, uma vez que esses processos necessitam ser rápidos, mas sem oferecer riscos relativos ao superaquecimento.

Também é fundamental considerar o desenvolvimento da infraestrutura terrestre associada aos eVTOLs, especialmente os vertiportos. Esses locais de pouso e decolagem precisam incluir áreas específicas para decolagem (TLOF), aproximação final (FATO) e zonas de segurança (SA), além de terem um acesso relativamente fácil e integrado a outros modais de mobilidade urbana. A localização desses vertiportos depende de fatores como densidade populacional, centros comerciais, turismo, *hubs* de transporte e padrões de deslocamento urbano (Li *et al.*, 2022).

No escopo da mobilidade urbana, o papel da tecnologia inteligente se destaca como um elemento crucial e impulsionador da integração entre eVTOLs e sistemas urbanos. Isso engloba conectividade de baixa latência, controle de tráfego autônomo e integração com infraestrutura digital inteligente (Liu *et al.*, 2024). Visando um ambiente de controle que saia do sistema atual de controle de um operador para aeronave, o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de tráfego aéreo é outro componente imprescindível para as operações em escala comercial em ambientes urbanos. Em essência, o desenvolvimento do eVTOL, autônomo e com piloto, diariamente se depara com os desafios acerca da necessidade de desempenho eficiente tanto em pairar quanto em voar em alta velocidade, duração e recarga, infraestrutura de solo, sistemas de monitoramento, além do atendimento a padrões de segurança.

## **São Paulo e seus Gargalos de Mobilidade: como o eVTOL Seria Disruptivo para a Mobilidade na Cidade**

A cidade de São Paulo, de forma diametralmente similar, enfrenta seus desafios cotidianos, inerentes a uma megalópole com seus quase 12 milhões de habitantes em sua capital e mais de 20 milhões em sua região metropolitana,<sup>6</sup> que se caracteriza por uma intensa concentração populacional e elevada complexidade urbana. Esses fatores incidem diretamente sobre a mobilidade urbana e seus impactos socioambientais.

O alto nível de congestionamento viário, aliado à predominância do transporte rodoviário individual, intensifica as emissões atmosféricas e compromete a qualidade de vida e a saúde da população. Nesse contexto, no diário enfrentamento realizado pelo município de São Paulo desses desafios, por meio de políticas públicas de mobilidade, gestão ambiental e ordenamento territorial, o eVTOL pode se tornar um forte aliado na mudança de cenário.

A poluição atmosférica, diuturnamente, continua sendo um dos problemas crônicos mais graves enfrentados pelos paulistanos. Ainda que políticas públicas tenham conseguido reduzir os níveis de material particulado inalável (PM<sub>10</sub>), persiste um desafio preocupante aos gestores municipais em face das altas concentrações de ozônio troposférico na Região Metropolitana. Para que possamos ter uma dimensão dessa situação, entre 2014 e 2019, de 2.190 dias, os padrões de qualidade

6 Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-paulo.html>. Acesso em: 05 set. 2025.

do ar para ozônio (Valdambrini; Ribeiro, 2021, p. 741) foram ultrapassados 875 vezes, sobretudo em razão das emissões intensas de óxidos de nitrogênio e de compostos orgânicos voláteis aliadas às condições meteorológicas.

Em um contexto em que 40% dos dias o cidadão inala um ar que não atinge os limites mínimos de qualidade, torna-se urgente a atuação da administração pública no sentido de fomentar zonas de emissão zero, incentivar a transição para veículos elétricos e promover políticas de restrição veicular, ou o fomento de veículos inovadores como o eVTOL, de modo a reduzir os impactos da poluição sobre a saúde pública.

Um componente fundamental para o problema ambiental em São Paulo é a frota veicular da cidade, que representa um dos vetores primordiais de poluição municipal (Carvalho *et al.*, 2015), principalmente em face do seu enorme tamanho, de sua composição envelhecida e da massiva presença de veículos movidos a combustíveis fósseis e etanol.

Estudos recentes que elaboraram inventários de emissões com alta resolução espacial e temporal no Brasil evidenciam que a região metropolitana de São Paulo figura como um dos polos mais críticos de emissão de poluentes atmosféricos, com destaque para os compostos formaldeído e acetaldeído (Hoinaski *et al.*, 2022), que são oriundos da combustão de veículos não elétricos e que exercem papel expressivo para que o ar paulistano figure metade do ano na categoria de má qualidade do ar.

Acrescente ao problema o agravamento da mobilidade urbana em São Paulo, que tem resultado em um cenário de congestionamentos crônicos que comprometem tanto a produtividade quanto a qualidade de vida da população. Ao se analisar dados pós-pandemia, entre 2021 e 2023, em que temos uma maior presença do home-office, é possível notar a seguinte tendência: tanto a taxa de lentidão no tráfego quanto o número de veículos circulantes cresceram significativamente nesse curto período, incluindo o aumento expressivo nas vias durante os dias úteis (Silva *et al.*, 2024, p. 23). Expansão que não foi acompanhada por investimentos proporcionais em infraestrutura e em transporte público, gerando uma crise de mobilidade persistente e estrutural.

A problemática da mobilidade urbana e da poluição atmosférica se encontram umbilicalmente atrelados na cidade de São Paulo. Para que se possa ter uma dimensão da dificuldade enfrentada na busca de soluções, as regiões com maior densidade de tráfego apresentam níveis elevados de poluentes atmosféricos, como ozônio e material particulado, reforçando o vínculo direto entre congestionamento, saúde e qualidade ambiental (Giroti *et al.*, 2024). Dados que

demonstram os desafios de mobilidade não se restringem unicamente a uma retórica acerca do tempo que se esvai e não retorna, mas perpassa além, converte-se em riscos para a saúde pública, exigindo uma articulação integrada entre planejamento urbano, gestão dos transportes e políticas ambientais.

Adicionalmente, o Estado de São Paulo, segundo dados atualizados diariamente pela ANAC,<sup>7</sup> é a unidade da federação que possui o maior número de aeronaves cadastradas, concentrando quase dois terços dos cadastros nacionais, sendo ainda que, de acordo com o DECEA,<sup>8</sup> a capital paulistana é a cidade que concentra o maior número de pousos e decolagens por mês, com uma média de 2.200 aeronaves movidas a combustão voando mensalmente e contribuindo ainda mais com a poluição dos ares paulistanos.

Em virtude dos problemas de deslocamento e mobilidade presentes no transporte terrestre, o transporte de helicópteros se consolidou como uma alternativa, ainda que direcionada a um nicho específico de indivíduos (Lopes; Silva, 2023, p. 2). Esse modelo de mobilidade aérea concentra-se em ambientes centrais e corporativos e, geralmente, atende indivíduos com alto poder aquisitivo, de tal forma que não existe nenhum heliponto público no estado de São Paulo,<sup>9</sup> mesmo diante do fato de que o estado detém praticamente metade de toda a frota nacional. Além disso, nota-se que o helicóptero é um transporte direcionado a poucos indivíduos e que causa, além de poluição ambiental e sonora, a perturbação de muitas pessoas que são expostas a esses voos, que sofrem as suas externalidades e que estão alijadas economicamente dos que deles usufruem.

É nesse complexo cenário que os veículos elétricos de pouso e decolagem vertical surgem como alternativa inovadora com potencial transformador para a mobilidade paulistana. Diferentemente dos helicópteros, os eVTOLs, ao utilizarem propulsão elétrica, produzem menos emissão sonora e operacional, zero emissão de compostos decorrentes da combustão, além de potencialmente reduzir custos. Além disso, um cenário em que a municipalidade consegue acompanhar o desenvolvimento da tecnologia contribui para a concepção dos vertiportos necessários e mais do que imperiosos a essas aeronaves, como um elemento essencial para integrar essa tecnologia no tecido urbano existente.

7 Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/sistemas/rab/dados-abertos-rab>. Acesso em: 06 set. 2025.

8 Disponível em: [https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg\\_noticia&materia=helicontrol-seguranca-e-fluidez-no-controle-de-helicopteros-em-sao-paulo](https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=helicontrol-seguranca-e-fluidez-no-controle-de-helicopteros-em-sao-paulo). Acesso em: 07 set. 2025.

9 Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2021/primeiro-heliponto-publico-do-brasil-e-homologado>. Acesso em: 06 set. 2025.

Para enfrentar os desafios de poluição e mobilidade que atormentam a capital paulistana por anos, o município precisará definir normas para instalação de vertiportos, assegurando critérios técnicos, ambientais e de integração com outros modais, reforçando o compromisso com a redução de emissões e a sustentabilidade urbana.

A adoção dos eVTOLs, contudo, só será benéfica para a coletividade se for acompanhada por regulação municipal adequada. Nesse ponto, cabe à prefeitura disciplinar o uso e a instalação de vertiportos, definir diretrizes ambientais e sonoras, integrar essa nova tecnologia ao transporte coletivo e evitar que essa tecnologia se consolide apenas como um substituto elitizado dos helicópteros. Dessa forma, a inovação decorrente dessas aeronaves poderá se alinhar aos objetivos de sustentabilidade, inclusão social e equidade territorial que orientam a política urbana da capital paulistana.

Assim, a prefeitura de São Paulo ocupa posição central no cenário nacional para transformar os eVTOLs em mais do que um símbolo futurista, ou elemento de um programa de ficção, ela é um ente crucial com poderes de fato para criar instrumentos eficazes de política pública capazes de reduzir poluição, aliviar congestionamentos e oferecer uma nova camada de mobilidade integrada e sustentável.

## **Desafios Regulatórios: Nova Dimensão da Regulação do Espaço Aéreo Urbano**

Nunca na história da aviação os municípios foram tão clamados a ingressarem na atuação regulatória e legislativa do campo aeronáutico. A introdução dos veículos elétricos de pouso e decolagem vertical nas malhas urbanas brasileiras conclama, de imediato, um certo protagonismo dos municípios. No entanto, surge um questionamento: até que ponto os entes municipais podem legislar sobre aspectos decorrentes dessa nova modalidade de mobilidade aérea trazida pelo eVTOL sem invadir a competência privativa da União para legislar sobre aeronáutica?

Para que se possa analisar de maneira detalhada, como a própria temática requer, é imperioso se iniciar com uma leitura e análise integrada do texto constitucional, da regulação infraconstitucional, e doutrina especializada, além da hermenêutica constitucional através de uma interpretação teleológica que considere a função social do ordenamento territorial em face de princípios universais como a qualidade de vida, a saúde e a proteção ao meio ambiente.

A Constituição Federal possui a repartição de competências legislativas estruturada de forma a garantir tanto a uniformidade normativa em matérias de interesse nacional quanto a autonomia municipal para lidar com as demandas locais. Nos termos do art. 22, inciso I, compete privativamente à União legislar sobre “direito aeronáutico”, terminologia que, na prática, abrange a regulação técnica da navegação aérea, certificação de aeronaves, normas de segurança de voo e o controle do espaço aéreo, matérias operacionalmente tratadas pela ANAC e pelo DECEA. Esse núcleo de competência federal é fundamental para preservar padrões homogêneos de segurança e interoperabilidade, evitando riscos que possam advir de regulações locais conflitantes ou fragmentadas no âmbito do tráfego aéreo nacional e internacional.

Artigo constitucional de entendimento e aplicação praticamente consolidados, mas que, ao ser analisado através de uma leitura um pouco mais criteriosa, leva ao seguinte questionamento: Qual o alcance do termo “aeronáutico”? Acrescenta-se ainda a essas indagações que, ao tempo de redação da norma constitucional, as tecnologias que os legisladores encontravam na sociedade eram outras, sendo que, à época, o drone e o eVTOL praticamente se restringiam às páginas de ficção.

Isto posto, temos ainda que a competência privativa federal não elimina a autonomia municipal para legislar sobre questões de interesse local e promover o adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano, conforme o art. 30, I e VIII da CF. Nesse sentido incumbe aos municípios legislar e promover as normas urbanísticas que abarcam a ocupação do solo urbano, sendo que, nesse item, ao fazermos a interpretação conjunta com os artigos 1.229 e 1.510-A do Código Civil, é possível perceber que o solo urbano compreende o subsolo e o espaço aéreo próximo, atinente às questões que afetam a qualidade urbana e ambiental da municipalidade.

Desta forma, consideramos que a atuação da União e dos municípios se complementam, não havendo que se falar em impossibilidade de atuação municipal em matéria aeronáutica, mas em delimitação de alcance. Desse modo, a União possui competência para legislar principalmente acerca das condições técnicas de operação de aeronaves, código aeronáutico, acesso ao espaço aéreo, entre outros, com o município atuando nos aspectos dessas atividades em seu território e nas interconexões que ocorrem em decorrência dos voos das aeronaves e a cidade, tais como os vertiportos, as restrições de zoneamento em razão do ruído e da segurança e eventuais ações que possam mitigar os impactos sobre as pessoas expostas.

No âmbito municipal, o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que implementa a política urbana prevista no art. 182 da Constituição, legitima ainda mais a atuação municipal por meio de instrumentos como o Plano Diretor, a Lei de Uso e Ocupação do Solo e o Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança (EIV), instrumentos imperiosos quando se está tratando de operações e edificações com potencial de gerar externalidades significativas, como ruído, tráfego complementar e riscos associados.

A atuação municipal na regulação dos eVTOLs encontra fundamento na atuação referente à localização de helipontos e áreas próximas a aeródromos, que, apesar de estarem sujeitas a normas federais de segurança, possuem regras municipais que tratam da implantação física, do ruído, horário, localização, sem que o município venha a se imiscuir na competência federal.

Assim, embora a competência municipal seja ampla, ela não é absoluta, devendo haver, no caso do eVTOL, uma atuação cooperativa entre os entes da Federação envolvidos nela, de forma que a atuação harmônica facilite a implementação das aeronaves e a sua aceitação popular.

### **Condições Jurídicas e de Infraestrutura para a Implantação: Elementos Indispensáveis**

Em face de todo o exposto, consideramos que a implementação dos eVTOLs em São Paulo irá suscitar uma série de indagações jurídicas, da perspectiva do Direito Administrativo, quanto ao regime jurídico aplicável, à necessidade de licitação ou não da operação dos vertiportos, e às demais exigências legais. Conforme visto, há a necessidade de uma governança cooperativa dos variados entes responsáveis para que se articule a competência do espaço aéreo, conforme atribuições da ANAC e do DECEA, relacionados ao controle e certificação da segurança de aeronaves, do licenciamento dos pilotos, quando houver, e do controle do tráfego aéreo, referentes às normas federais.

Assim, os serviços aeroportuários e a gestão correspondente de sua infraestrutura têm aderência à disciplina constitucional e legal especializada, sendo associados a atividades de interesse público, com regras voltadas à segurança da tecnologia da atividade de navegação aérea, sendo submetido a disciplina legal específica.

Conforme visto, como há questões urbanísticas, ambientais e de mobilidade urbana relacionadas com o impacto viário, a produção de ruído e o zoneamento para a atividade e para a sua infraestrutura dependerá da governança

municipal. Assim, imprescindível que haja, como houve, essa liderança e estratégia para estudar meios de autorização na instalação dos vertiportos, desde que sejam adequados com o Plano Diretor e com a Lei de Uso e Ocupação do Solo.

Infraestrutura, por sua vez, representa o aparato que dá suporte a determinada atividade econômica (IPEA, 2010). Geralmente, são desdobrados em diversos setores (de infraestrutura): logística e transporte, mobilidade urbana, energia, telecomunicações, radiodifusão, saneamento básico e irrigação (Carvalho, 2014, p. 10). Costuma-se associar a infraestrutura, considerada do prisma das instalações artificiais civis ou militares, com serviços públicos correlatos (Ferro; Carvalho, 2021 p. 132).

Se necessário for, há a possibilidade de se estabelecer regimes de transição para testes e experimentações na área do eVTOL, até com *sandbox* regulatório, para averiguar o grau de condicionamento regulatório, a fim de que os instrumentos sejam adaptados, de maneira equânime e eficiente, às novas tecnologias, conforme se verifica do teor do art. 23 da LINDB, com redação dada pela Lei nº 13.655/2018.

Mas, mesmo que a tecnologia seja veiculada sem uma ambiência experimental, haverá necessidade de cooperação entre entes, sendo inspiradora a previsão do art. 49-A da Lei nº 9.784/99, inserido pela Lei nº 13.210/2021, que estabelece uma decisão coordenada em processo com participação de três ou mais setores, órgãos ou entidades.

Outro ponto que certamente será suscitado será se haverá apenas autorização para operação de serviços ou se haverá necessidade de licitação como condição para exploração dos serviços de eVTOL no tocante à gestão dos vertiportos. Trata-se de questão que transita pela natureza do serviço prestado, se será um serviço aberto ou se será serviço público, o que geralmente impacta na sua disciplina legal.

Assim, ao disciplinar o regime da gestão da infraestrutura do eVTOL, deve-se indagar se se trata de uma atividade econômica em sentido estrito, sujeita à autorização da ANAC, ou uma concessão de serviço público tradicional, que exige licitação conforme art. 175 da Constituição. É situação similar à da companhia aérea, da qual se exige o cumprimento das normas da ANAC e a certificação para operar, mas não tem de se submeter ao processo de licitação para operar. Por outro lado, a empresa que irá operar a infraestrutura do aeroporto, por ser infraestrutura pública, deve se submeter à licitação.

Então, daí a seguinte indagação: será exigida licitação para operar o vertiporto? De um vertiporto sairá apenas um tipo de eVTOL ou será infraestrutura aberta para exploração de vários operadores do eVTOL?

Note-se que se o vertiporto se estabelecer em área pública, com uso de bem público, pode ser que haja necessidade de licitação, nos moldes da lei de licitações, que abrange a concessão do uso de bem público. Contudo, importante frisar que existem exceções, sobretudo em face de lei específica a determinar o regime de outorga. Por exemplo, no caso de hangar de táxi aéreo privado, existe disciplina específica que permite que a gestão (do hangar privado) ocorra sem licitação. Nessa perspectiva, na obra *Uso privativo de bem público por particular*, Maria Sylvia Zanella Di Pietro expõe que a concessão de uso de área aeroportuária é regida pela Lei Federal nº 5.332, de 11.10.1967 (Di Pietro, p. 137), sendo o seu arrendamento não dependente da licitação pública, admitindo-se que o contrato seja renovado, sem a necessidade de abrir certame (Di Pietro, p. 138).

Trata-se de uma particularidade da concessão de uso de área aeroportuária em relação às concessões de uso de bens públicos no geral, pois o art. 1º da Lei nº 5.332/67 determina que “ficam dispensados do regime de concorrência pública os arrendamentos de áreas aeroportuárias destinadas às instalações para abrigo, reparação, abastecimento de aeronaves e outros serviços auxiliares, que interessarem diretamente às empresas ou pessoas físicas ou jurídicas concessionárias de serviço aéreo ou de serviços pertinentes à aviação”.

Por outro lado, quando o empreendimento ocorrer em terreno particular, é mais consensual que não haverá necessidade da licitação, o que não significa dizer que o poder público municipal estará isento de controlar essa questão, pois ele deverá conceder as licenças urbanísticas e ambientais para a regularidade das operações.

Logo, a disciplina regulatória da operação do vertiporto envolverá todo um complexo de licenciamentos, sejam urbanísticos sejam ambientais, com estudo de impacto de vizinhança, no teor do Estatuto da Cidade e da legislação municipal local, sendo também subordinado aos padrões de segurança, sinalização, aproximação e convívio com outras aeronaves e drones, o que é feito pela ANAC. Assim, enquanto a União tem competência para regular aspectos relacionados com as aeronaves, ao município cabe a regulação do espaço urbano, no uso do solo e da infraestrutura local associada, bem como na articulação dessa infraestrutura com os demais equipamentos urbanos.

Contudo, caso o município opte por criar uma infraestrutura pública de vertiportos localizados em bens públicos, nesse caso há a possibilidade de

realização da licitação para a concessão, situação em que haverá mais controle das tarifas e das condições de prestação do serviço, a fim de que haja o alcance da modicidade e também de sua universalização. Portanto, ainda há a necessidade de criação de um regime jurídico legal para a empresa que operar os vertiportos, sendo eles configurados com infraestrutura crítica dependente de disciplina normativa específica articulada com as resoluções e determinações da ANAC.

## Considerações Finais

A introdução dos veículos elétricos de pouso e decolagem vertical em São Paulo não se restringirá unicamente a um debate sobre inovação tecnológica ou acerca simplesmente da adoção de uma nova modalidade de transporte no cenário urbano. Ao contrário, trata-se de um fenômeno complexo, que mobiliza múltiplas dimensões institucionais, sociais, ambientais e urbanísticas, exigindo que o poder público municipal assuma protagonismo nos âmbitos regulatório e de planejamento.

Estar diante do desenvolvimento de uma tecnologia sem paradigmas e completamente inovadora coloca a prefeitura de São Paulo em uma posição ímpar na história. A cidade tem o potencial de assumir o protagonismo e transformar os eVTOLs de uma simples solução tecnológica em uma ferramenta de política pública, capaz de reduzir emissões, aliviar congestionamentos e ampliar as alternativas de mobilidade inclusiva. Para tanto, é fundamental que a regulação seja sólida, articulada e socialmente orientada, colocando a qualidade de vida urbana e a sustentabilidade como eixos centrais.

Nesse sentido, torna-se indispensável assegurar que os benefícios dessa inovação não fiquem restritos a grupos de maior poder aquisitivo, como ocorreu historicamente com a aviação de helicópteros na capital paulista. Além disso, a incorporação dos eVTOLs deve ser pensada em consonância com os instrumentos de planejamento urbano e ambiental existentes.

Por fim, São Paulo pode inspirar-se em experiências internacionais e desenvolver um modelo regulatório adaptado às suas particularidades socioespaciais, econômicas e ambientais. Esse protagonismo regulatório pode posicionar a capital como referência global na área da mobilidade aérea urbana, equilibrando inovação tecnológica, justiça social e sustentabilidade ambiental.

A capital paulista reúne diversos elementos que a tornam candidata natural à adoção dos eVTOLs. Assim, mais do que discutir se os eVTOLs chegarão a São Paulo, a reflexão que se impõe é como o poder municipal pode abraçar essa

inovação, em cooperação com os demais entes federativos, e integrá-la ao tecido urbano de maneira justa, eficiente e sustentável.

## Referências

- BHANDARI, Rajan; CHAKRABORTY, Imon. Sizing and optimization of multi eVTOL configuration for urban air mobility applications. Aiaa Scitech 2025 Forum, Orlando, FL, p. 1, 6-10 jan. 2025. American Institute of Aeronautics and Astronautics. DOI: <http://dx.doi.org/10.2514/6.2025-1434>. Acesso em: 01 de set. 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). *ICA 100-4: Regras e procedimentos especiais de tráfego aéreo para helicópteros*. Rio de Janeiro, em vigor desde 2 ago. 2021. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-4>. Acesso em: 25 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). *ICA 100-40: Aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro*. Reedição aprovada pela Portaria DECEA nº 928/DNOR8, de 15 de maio de 2023. Entrada em vigor em 3 de julho de 2023. Publicada no BCA nº 103, de 6 de junho de 2023. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>. Acesso em: 30 ago. 2025
- CARVALHO, André Castro. *Direito da infraestrutura: perspectiva pública*. São Paulo: Quartier Latin, 2014. p. 169.
- CARVALHO, Vanessa S. B.; FREITAS, Edmilson D.; MARTINS, Leila D.; MARTINS, Jorge A.; MAZZOLI, Caroline R.; ANDRADE, Maria de Fátima. Air quality status and trends over the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. *Environmental Science Policy*, v. 47, p. 68-79, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.11.001>. Acesso em: 01 set. 2025.
- CHEN, Kexin *et al.* Potential short- to long-term impacts of on-demand urban air mobility on transportation demand in North America. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, [s. l.], v. 190, p. 104288, dez. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2024.104288>. Acesso em: 19 set. 2025.
- DI PIETRO, Maria Sylvia Z. *Uso privativo de bem público por particular*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

DOO, Johnny T. *et al.* NASA electric vertical takeoff and landing (eVTOL) aircraft technology for public services – a white paper. NASA Transformative Vertical Flight Working Group 4 (TVF4). Mobile, AL: NASA, ago. 2021.

Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20205000636>. Acesso em: 14 set. 2025.

FERRO, Murilo R.; CARVALHO, André C. “Escovando” conceitos jurídicos complexos: linha metodológica aplicada para a construção do conceito de infraestrutura pública. In: SIQUEIRA NETO, José Francisco (Coord.); NOHARA, Irene P.; SALGADO, Rodrigo O. (Orgs.). *Gestão pública, infraestrutura e desenvolvimento: 20 anos do Programa de Pós-Graduação em Direito Político e Econômico da Universidade Presbiteriana Mackenzie*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2021. p. 132.

GIROTTI, C. *et al.* Urban mobility and air pollution at the neighbourhood scale in the megacity of São Paulo, Brazil. *Discover Cities*, [s. l.], v. 1, n. 13, 20 ago. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44327-024-00016-4>. Acesso em: 02 set. 2025

HOINASKI, Leonardo *et al.* Multispecies and high-spatiotemporal-resolution database of vehicular emissions in Brazil. *Earth System Science Data*, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 2939-2949, 28 jun. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/essd-14-2939-2022>. Acesso em: 04 set. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Infraestrutura econômica no Brasil*. Brasília: IPEA, 2010.

LI, Jinfeng *et al.* Initial research on the vertiport for the urban air mobility. *Proceedings of the 2nd International Conference on Information, Control And Automation, Ica 2022*, 2-4 dez., 2022, Chongqing, China, p. 1-12. EAI. DOI: <http://dx.doi.org/10.4108/eai.2-12-2022.2327966>. Acesso em: 05 set. 2025.

LIU, Yang *et al.* The role of intelligent technology in the development of urban air mobility systems: a technical perspective. *Fundamental Research*, [s. l.], v. 4, n. 5, p. 1017-1024, 25 set. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fmre.2023.08.006>. Acesso em: 04 set. 2025.

LOPES, Dario; SILVA, Jorge. Urban air mobility (UAM) in the metropolitan region of São Paulo: potential and threats. *Journal of Airline and Airport Management*, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1-11, 22 mar. 2023. Omnia Publisher SL. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/jairm.345>. Acesso em: 04 set. 2025.

MA, Xin; DING, Shuiting. Overview and research on airworthiness and safety of electrical propulsion and battery technologies in eVTOL. *Sae Technical*

Paper Series, [s. l.], 31 dez. 2023. SAE International. DOI: <http://dx.doi.org/10.4271/2023-01-7116>. Acesso em: 09 set. 2025.

SARWAR, Samra *et al.* Analysis of superblocks during the transition phase from traditional vehicles to fully automated vehicle environment: a case study of Barcelona city. *Transportation Engineering*, [s. l.], v. 13, p. 100203, set. 2023. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.treng.2023.100203>. Acesso em: 01 set. 2025.

SILVA, F. H. N. da; GOMES, A. N.; SILVA, A. M da. Trânsito da cidade de São Paulo: crescimento da taxa de lentidão e do número de veículos circulantes entre 2021 e 2023. *Mobicities – Journal of Urban Mobility, Logistics and Sustainable Smart Cities*, v. 1, n. 1, p. 18-32, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12416829>. Acesso em: 27 ago. 2025.

SU, Jiangcheng *et al.* EVTOL performance analysis: a review from control perspectives. *Ieee Transactions On Intelligent Vehicles*, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 4877-4889, maio 2024. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). DOI: [10.1109/TIV.2024.3387405](https://doi.org/10.1109/TIV.2024.3387405). Acesso em: 13 set. 2025.

VALDAMBRINI, Natasha M.; RIBEIRO, Flávia N. D. Avaliação das ultrapassagens dos padrões de ozônio troposférico no Estado de São Paulo de 2014 a 2019. *Revista Brasileira de Meteorologia*, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 735-747, out.-dez. 2021. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786360046>. Acesso em: 04 set. 2025.

VALIATI, Thiago Priess. *Direito da infraestrutura: regulação dos setores de rodovias, ferrovias, portos e aeroportos*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2023.

XIANG, Senwei *et al.* Autonomous eVTOL: a summary of researches and challenges. *Green Energy and Intelligent Transportation*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 100140, fev. 2024. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geits.2023.100140>. Acesso em: 05 set. 2025.

ZHANG, Jiechao; LIU, Yaolong; ZHENG, Yao. Overall eVTOL aircraft design for urban air mobility. *Green Energy and Intelligent Transportation*, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 100150, abr. 2024. Elsevier BV. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geits.2024.100150>. Acesso em: 03 set. 2025.