

THE NEW URBAN AIR MOBILITY MARKET: RECENT DEVELOPMENTS AND CHALLENGES FOR EVTOLS AND BNDES – PART 1

Sérgio Bittencourt Varella Gomes

Renato Baran

Marcos Henrique Figueiredo Vital

*Breno Cerqueira Araujo**

Keywords: advanced air mobility (AAM); urban air mobility (UAM); air taxis; electrical vertical take-off and landing (eVTOL); Eve Air Mobility; Embraer.

* Respectively, engineers, economist and intern of the Foreign Trade Department 1 of the BNDES's Foreign Trade Division.

Resumo

A mobilidade aérea urbana (UAM, na sigla em inglês) utiliza aeronaves particulares, militares, táxis aéreos e diversos outros tipos voltados a um leque de missões em que o transporte terrestre não é o mais adequado. A nascente mobilidade aérea avançada (AAM, na sigla em inglês) incorpora a nova UAM. As aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOL, na sigla em inglês) são a grande promessa para a AAM e para a UAM no curto prazo. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em seu tradicional papel de apoio à indústria, incluindo os compromissos assumidos no âmbito da Nova Indústria Brasil (NIB), já iniciou seu apoio a esse segmento inédito de transportes. Este estudo será dividido em duas partes. A primeira parte, que integra esta edição, apresenta um panorama do que está em curso, incluindo o desenvolvimento dos eVTOLs, destacando desafios e avanços nas configurações, aplicações e tecnologias, como propulsão elétrica e controle de voo autônomo, bem como uma comparação com a tecnologia dos helicópteros. A segunda parte, a ser publicada, abordará projeções de mercado, desafios da certificação e a integração dos eVTOLs no espaço aéreo urbano, finalizando com algumas tendências futuras.

Abstract

Whenever ground transportation means fall short of requirements, urban air mobility resorts to air charter helicopters, private and/or military aircraft etc. in order to accomplish specific missions. The nascent advanced air mobility (AAM) encompasses urban air mobility (UAM). For this latter case, electrical vertical take-off and landing (eVTOL) aircraft appear to be a great promise for the near future. Brazilian Development Bank (BNDES) is already supporting this novel transportation segment, given its traditional industrial commitments and the role played in connection with New Industry Brazil (NIB), the country's public policy for industry. This study has two parts. Part 1 presents an overview of recent eVTOL developments, highlighting challenges, and advancements regarding aircraft configurations, use cases and technologies such as electrical propulsion, flight autonomy etc., including a comparison with helicopters. Part 2, to be published later, will address market size projections, certification challenges, and the integration of eVTOLs into the urban airspace, concluding with some future trends.

Introdução

Embora seja pouco lembrada hoje em dia, foi a partir de uma proposta nascida de um grupo de trabalho da empresa de aplicativos Uber, denominada Elevate White Paper, que deflagrou um interesse maior e bilhões de dólares em investimento (Warwick, 2024) para o desenvolvimento de aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (*electrical vertical take-off and landing aircraft* – eVTOL). Tendo isso em vista, nota-se que os desenvolvimentos mais substanciais, ocorridos nessa área em todo o mundo desde 2022, indicam o surgimento de uma nova aviação, com diferentes impactos na cadeia produtiva do setor.

A utilização de eVTOLs em centros urbanos como modalidade de transporte, por exemplo *shuttle services* entre centros financeiros e aeroportos ou propriedades rurais, por via aérea, deverá reduzir a pressão por serviços de transporte terrestre individual nas grandes cidades.¹ Portanto, avanços em mobilidade aérea urbana beneficiam a sociedade como um todo. Em geral, esses veículos pesam entre 500 kg e 2.000 kg, com velocidades de cruzeiro que podem variar de 100 km/h a 300 km/h. O alcance também pode variar entre 50 km e 300 km, dependendo da capacidade da bateria e da eficiência do *design*.

Nesse sentido, é essencial disseminar o entendimento correto de todas as estruturas e sistemas em desenvolvimento, além dos possíveis desdobramentos vislumbrados, de modo que seja possível entender quais necessidades regulatórias devem ser atendidas para tornar a operação de eVTOLs segura e confiável.

1 Para o transporte executivo, por exemplo, à semelhança dos já existentes táxis aéreos, assim como no deslocamento de executivos e empresários de agronegócios em meio rural. Cada eVTOL substitui, potencialmente, até quatro automóveis de transporte executivo individual. Não é, entretanto, solução para transporte urbano de massa.

No que tange ao apoio governamental aos projetos dessa natureza no Brasil, vale citar a política Nova Indústria Brasil (NIB). De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), estão previstos investimentos da ordem de R\$ 300 bilhões até 2026, que serão repassados por intermédio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii). A partir disso, a NIB contempla os seguintes eixos: (i) mais produtividade, a fim de ampliar a capacidade industrial, com aquisição de máquinas e equipamentos; (ii) mais inovação e digitalização, como projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação; (iii) mais verde, com projetos de sustentabilidade da indústria; e (iv) mais exportação, por meio de incentivos para o acesso ao mercado internacional.

O apoio ao desenvolvimento de eVTOLs está diretamente relacionado a duas dessas frentes, a saber:

- Missão 5: bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para futuras gerações. Um dos objetivos para alcançar a transformação ecológica na indústria é o aumento do uso da biodiversidade pela indústria, bem como a redução de 30% da emissão de carbono da indústria nacional, com 107 milhões de toneladas de CO₂ por trilhão de dólares produzido; e
- Missão 6: tecnologias de interesse para a soberania e defesa nacionais. A meta é conseguir autonomia na produção de 50% das tecnologias críticas para fortalecer a soberania nacional.

Ainda de acordo com o MDIC, serão priorizadas ações voltadas ao desenvolvimento de energia nuclear, sistemas de comunicação e sensoriamento, sistemas de propulsão e veículos autônomos e remotamente controlados (Brasil..., 2024).

Algumas dessas iniciativas já foram deslanchadas, como o Programa BNDES Mais Inovação, operado pelo BNDES e pela Finep. Com o programa, estão previstos investimentos totais de R\$ 66 bilhões, dos quais R\$ 40 bilhões em crédito a condições de Taxa Referencial (TR) + 2% a.a. Essa modalidade apresenta os menores juros já aplicados para financiar a inovação no país.

A decisão estratégica de desenvolver o seu próprio eVTOL foi tomada pela Embraer ainda em 2021. Nesse mesmo ano, a empresa solicitou apoio ao BNDES, o qual decidiu fomentar o desenvolvimento do projeto desde o início da engenharia até o financiamento dos primeiros protótipos. A primeira operação foi realizada, então, em novembro de 2022, no valor total de R\$ 490 milhões, em favor da Eve Soluções de Mobilidade Aérea Urbana Ltda., empresa controlada pela Embraer.

A decisão do BNDES em 2022 foi posta em prática por meio da utilização das linhas/programas Incentivada A/Inovação, assim como pelo programa Fundo Clima, subprograma Mobilidade Urbana. Dessa forma, o apoio ao desenvolvimento do eVTOL brasileiro se deu não só pelo aspecto de inovação (disruptiva) que comporta, mas também pelos aspectos ambientais envolvidos, que serão discutidos adiante.

Posteriormente, em 2024, foi aprovado o financiamento, no valor de R\$ 500 milhões para a implantação da fábrica de eVTOLs em Taubaté-SP, por meio do Programa BNDES Mais Inovação – Investimento em Inovação, sendo aprovados, ainda em dezembro de 2024, outros R\$ 200 milhões para o desenvolvimento dos primeiros protótipos do Eve-100.

O presente estudo tem sua publicação dividida em duas partes. Nesta primeira parte, o tema está segmentado em quatro seções, além desta introdução e das considerações finais. Na primeira delas, será apresentada uma visão geral sobre essa nova modalidade de transporte e, na segunda,

serão abordadas suas principais características, explicando os conceitos de engenharia aeronáutica envolvidos e as diferentes configurações dos eVTOLs. Em seguida, serão vistos alguns dos principais modelos em desenvolvimento, tanto no Brasil quanto no exterior. Na última seção, discute-se a relação entre os eVTOLs e os helicópteros, levantando a seguinte questão: se essas novas aeronaves serão substitutas diretas ou se atuarão como uma solução complementar no transporte aéreo urbano. Por fim, são apresentadas as conclusões, além de uma indicação dos temas a serem tratados na segunda parte do estudo a ser publicado em edição futura.

As novas modalidades de transporte: mobilidade aérea avançada e mobilidade aérea urbana

De acordo com a National Aeronautics and Space Administration (NASA), tem-se as seguintes definições de mobilidade aérea avançada (*advanced air mobility* – AAM) e mobilidade aérea urbana (*urban air mobility* – UAM):

AAM: aviação segura, sustentável, com modicidade tarifária e de fácil acesso para missões locais e intrarregionais de natureza transformacional. AAM inclui UAM e comporta diversas modalidades, incluindo variadas formas de transporte de passageiros, de carga, assim como outras missões aéreas. As missões podem ser desempenhadas com muitos tipos de aeronaves (tripuladas ou não; com pouso e decolagem convencionais – CTOL; com pouso e decolagem em pistas curtas – STOL; ou na vertical – VTOL), sobre ou entre diversas localidades (urbanas, rurais, suburbanas etc.) e de/para um número muito maior de origens/destinos do que são próprios da aviação comercial (por exemplo, futuros aeródromos UAM, aeroportos pequenos/regionais existentes, porém subutilizados etc.). Missões locais e intrarregionais atingiriam, típica e respectivamente, menos de 75 milhas náuticas (140 km) e menos de 300 milhas náuticas (550 km), muito embora esses alcances não representem limites superiores rígidos.

UAM: sistema de transporte aéreo seguro, eficiente, conveniente, com modicidade tarifária e de fácil acesso para passageiros e carga, o qual se propõe a revolucionar a mobilidade em áreas metropolitanas. Essa visão inclui um espectro amplo que vai desde *drones* para a entrega de pequenos pacotes até táxis aéreos de passageiros operando sobre áreas habitadas.²

Desse modo, o termo genérico que representaria a mudança “transformacional” ora em curso no mundo é representado pela sigla AAM, sendo a sigla UAM um caso particular, uma vez que compreende essencialmente áreas urbanas.

Observa-se que o universo AAM compreenderá, entre outras possibilidades de uso urbano:

- operações de pouso e decolagem verticais de eVTOLs, a partir de plataformas situadas no topo de edificações, já designadas como *vertiports*, isto é, adaptações feitas em imóveis já existentes ou edificações inteiramente novas e especializadas (Figura 1);
- atendimento de emergências médicas via operação direta no topo de hospitais, como ambulâncias aéreas (Figura 2);
- função de *air shuttle*, ou seja, conexão rápida entre o aeroporto tradicional e a área urbana por ele servida;
- transporte de passageiros em baixa altitude, em ambiente urbano ao longo de aerovias eletronicamente sinalizadas, via sistema de gestão de tráfego aéreo específico, atualmente em desenvolvimento;

2 Tradução livre de: “Advanced Air Mobility (AAM): Safe, sustainable, affordable, and accessible aviation for transformational local and intraregional missions. AAM includes UAM as well as many other missions, including different forms of passenger transport, cargo transport, and aerial work missions. These missions may be performed with many types of aircraft (e.g., manned or unmanned; conventional takeoff and landing (CTOL), short takeoff and landing (STOL), or VTOL), over/between many different locations (e.g., urban, rural, suburban), and to/from far more locations than typical commercial aviation (e.g., novel UAM aerodromes, existing underutilized small/regional airports). Local and intraregional missions are likely less than approximately 75 nautical miles and 300 nautical miles, respectively, though these ranges are not strict upper limits. [...] Urban Air Mobility (UAM): Our vision of UAM is a safe, efficient, affordable, and accessible air transportation system for passengers and cargo that revolutionizes mobility around metropolitan areas. This vision includes everything from small package delivery drones to passenger-carrying air taxis that operate above populated areas.” (NASA, 2020)

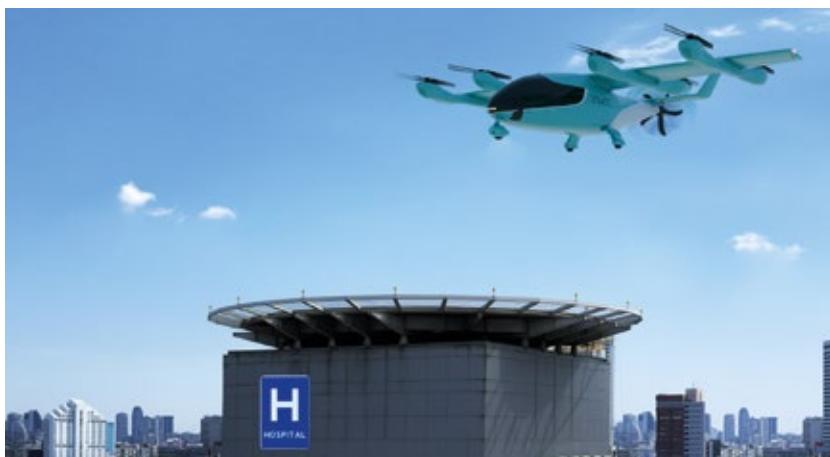
- movimentação de pessoas (VTOLs) e cargas/pacotes (*drones*), tanto no ambiente urbano como entre cidades próximas e/ou destinos rurais suburbanos; e
- usos alternativos como em missões de resgate, apoio humanitário e transporte de carga.

Figura 1 | Pousos e decolagens do topo de edifícios



Fonte: Acervo Eve Air Mobility.

Figura 2 | Emergências médicas

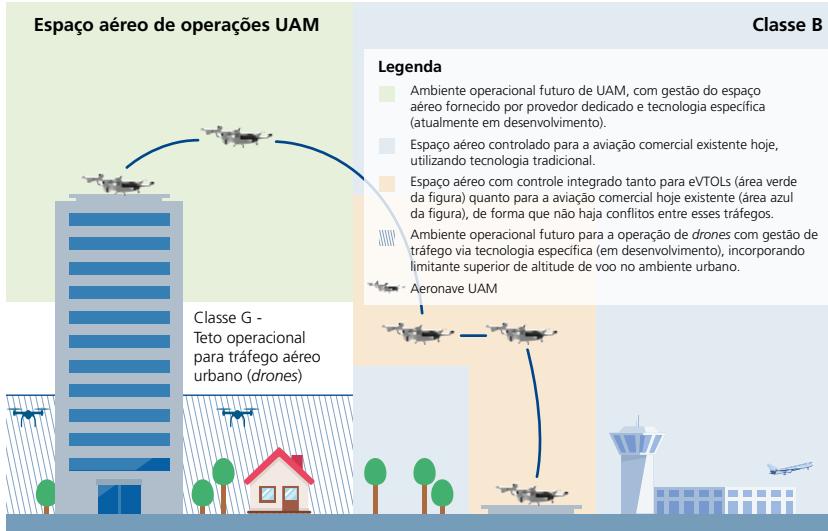


Fonte: Acervo Eve Air Mobility.

Com isso, constata-se preliminarmente que a mobilidade aérea avançada implica um novo “ecossistema” aeronáutico e uma nova cadeia produtiva com elos diferenciados. Ao contrário da aviação comercial precedida pela Segunda Guerra Mundial, quando já existia infraestrutura de sistemas de voo, o ambiente operacional para essa nova modalidade, o eVTOL, ainda não está implementado nem certificado pelas autoridades aeronáuticas.

O termo técnico da engenharia aeronáutica aplicável a essas situações é o *concept of operations* (ConOps), ou conceito das operações, o qual define as condições que irão nortear toda a operação dos novos veículos aéreos. Ou seja, para além das aeronaves propriamente ditas, há também a necessidade de que diversos outros sistemas, componentes e infraestruturas sejam implantados e devidamente certificados, temas que serão abordados na Parte 2.

Figura 3 | Visão de ConOps do ambiente operacional de UAM, com as diferentes modalidades de controle do espaço aéreo, assim como vários tipos de aeronaves, como drones,* eVTOLs e aeronaves comerciais



Fonte: Adaptado de NASA (2020).

* Os drones são aqui designados para operar no espaço aéreo gerenciado denominado UTM, sigla para UAS traffic management. UAS, por sua vez, é a sigla para *unmanned aircraft system*, denominação técnica dos drones.

Embora a implantação de um sistema completo, como mostrado na Figura 3, não seja realista no curto prazo, a implementação gradual, em fases discretas, parece ser uma abordagem viável. Além disso, é importante destacar que esse desenvolvimento paralelo de diversas tecnologias envolve riscos inerentes a toda e qualquer inovação, muitos dos quais estão fora do controle dos fabricantes de aeronaves.

Caracterização do produto eVTOL: concepções e principais configurações

Principais configurações

Existem três principais configurações de eVTOLs: multirrotores, *lift-and-cruise* e *tilt-X* (ou *tilt-rotor*) móveis.

Com o objetivo de saber a exata dimensão de como esses tipos de configuração têm influenciado os vários projetos conceituais de eVTOLs, a Vertical Flight Society³ dos Estados Unidos da América (EUA) contabilizou, até o início de 2025, mais de mil projetos propostos por cerca de 350 empresas e indivíduos (The Vertical Flight Society, 2025a). A maioria dos projetos é do tipo *tilt-X* (381), seguida dos tipos multirrotor (316) e *lift-and-cruise* (195). Além desses, figuram os conceitos mais simples de “bicicleta voadora” (111) e de eletrificação de (pequenos) helicópteros convencionais. Em termos práticos, estes dois últimos tipos não são considerados concorrentes diretos dos três primeiros.

³ Trata-se da antiga American Helicopter Society, instituição de grande prestígio na história da aviação e que teve seu nome alterado para se tornar mais universal e poder incorporar as mais variadas modalidades de voo vertical.

Como será visto a seguir, a configuração *tilt-X* é a mais complexa. É também a mais desafiadora em termos da engenharia do produto, porém, é a mais eficiente, pois seus rotores dianteiros são empregados em todas as fases do voo (basculando da horizontal para a vertical e vice-versa), atendendo a missões de maior distância; a multirroto é a mais simples, porém realiza apenas missões de curta distância; e a *lift-and-cruise* é intermediária entre as duas anteriores, tanto em termos de complexidade quanto de alcance da missão. Nesse sentido, cada projeto tem um mercado-alvo sendo vislumbrado.

Multirrotores

A configuração multirroto (ou *multicopter*) representa atualmente a tecnologia pioneira, incorporada a veículo já certificado e comercialmente operacional no campo dos eVTOLs (figuras 4 e 5). Trata-se de uma aeronave sem asas, cujos múltiplos rotores fornecem propulsão para elevá-la do solo. Ao reduzir sua potência na direção em que se queira ir, a aeronave irá se inclinar e se movimentar nessa direção. Aos poucos, o piloto fará o ajuste para que a proa da aeronave fique na direção de voo escolhida.

Feito isso, o processo de certificação se torna mais rápido por utilizar uma aeronave de uso essencialmente urbano em rotas designadas, o que faz com que sua velocidade, inferior àquelas possíveis com as demais configurações, não inviabilize seu uso (Hu, 2025; Xiang, 2023). Além disso, há rotores elétricos dispostos simetricamente, oferecendo desempenho aerodinâmico superior durante o voo pairado e em baixa velocidade. Esse *design* confere a tais eVTOLs excelente manobrabilidade e robusta capacidade de pairar, tornando-os ideais para missões de curto e médio alcance, como proteção de cultivos, combate aéreo a incêndios urbanos e passeios turísticos.

A ausência de diversos componentes, como hélices, asas ou rotores basculantes, resulta em uma estrutura mais leve, com menores custos de fabricação e sistemas de controle mais simplificados. Tais benefícios facilitam sua comercialização e aplicação em iniciativas de curto a médio prazo (Hu; Yan; Yuan, 2025). Assim, esses modelos de aeronave representam, até o momento, o auge da maturidade tecnológica na indústria de eVTOL, tendo como exemplares proeminentes projetos como HEXA, VoloCity e EHang 216.

Aeronaves *lift-and-cruise*

Na configuração *lift-and-cruise* (Figura 6), a aeronave apresenta propulsores independentes (rotores verticais) para se elevar do solo e outro(s) propulsor(es) para se deslocar pelo ar em voo de cruzeiro (rotores horizontais). Neste último caso, é feito uso do(s) propulsor(es) alinhado(s) com o eixo longitudinal da aeronave (geralmente na cauda), mas a sustentação aerodinâmica provida pelas asas. Para o pouso, faz-se uso novamente dos rotores verticais.

Essa configuração permite velocidades mais altas, todo tipo de rota e maior alcance da aeronave, podendo inclusive fazer ligação entre cidades próximas. No entanto, o processo de certificação é mais complexo, o que não impediu a configuração *lift-and-cruise* de ser escolhida pela Eve Air Mobility para seu primeiro modelo, o Eve-100.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de aeronaves *lift-and-cruise* tem progredido rapidamente. A ideia central dessa configuração é reduzir a carga de sustentação nos rotores verticais durante o voo de cruzeiro, para que, durante os períodos de voo pairado e de baixa velocidade, a aeronave funcione na configuração VTOL, isto é, seja sustentada pelos rotores verticais. Na medida em que a velocidade de voo aumenta, o rotor horizontal começa a fornecer impulso para a frente, o que faz com que

a velocidade de rotação dos rotores verticais seja reduzida pela metade, passando a dividir com as asas o peso da aeronave numa relação típica de 20%-80%, ou mesmo a zero, com as asas ficando com 100% do peso da aeronave. Isso permite maiores velocidades de voo, maior alcance, menos vibrações e melhor capacidade de manobra. Nesse sentido, trata-se de uma configuração mais indicada para missões de média a longa distância (Hu *et al.*, 2025).

Nessa configuração, destacam-se os projetos Eve-100, o Prosperity 1 (da Autoflight) e o Beta S4.

Aeronaves eVTOL de rotores basculantes (*tilt-X*)

Trata-se de uma configuração que se caracteriza por utilizar rotores tanto para a decolagem na vertical quanto para a propulsão na horizontal (figuras 9 e 10). Para a decolagem, os rotores são posicionados na vertical (com as pás paralelas ao solo) e, à medida que a aeronave decola, os rotores se inclinam para uma orientação horizontal (com as pás perpendiculares ao solo). Essa conversão faz com que a aeronave voe para a frente, permitindo que as asas assumam mais carga enquanto aliviam a carga sobre os rotores.

Na posição horizontal, os rotores fazem com que a aeronave atinja um voo em alta velocidade, tal qual uma aeronave convencional de asa fixa. Embora a eficácia de pairar das aeronaves de rotores basculantes seja marginalmente inferior à das multirrotores, o projeto do rotor basculante demonstra desempenho superior em voo de subida e em cruzeiro de alta velocidade. Um exemplo é o Joby S4, que atinge uma velocidade máxima de voo de 322 km/h (89,4 m/s), um alcance máximo de 241,4 km e uma autonomia de voo máxima de 1,3 hora. Dessa forma, as aeronaves eVTOL de rotores basculantes

são projetadas para missões de médio a longo alcance, que exigem velocidades mais altas, como extensos deslocamentos urbanos metropolitanos e viagens intermunicipais.

A Tabela 1 apresenta um resumo das principais características de diferentes modelos para as configurações apresentadas.

Tabela 1 | Principais características técnicas por tipo de configuração

| Multirrotor | Fabricante | Passageiros | Peso (kg) | Alcance (km) |
|------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| EHang 216 | EHang | 2 +1 | 620 | 35 |
| Hexa | Lift | 1 | 196 | 24 |
| VoloCity | Volocopter | 2 +1 | 700 | 35 |
| Lift-and-cruise | Fabricante | Passageiros | Peso (kg) | Alcance (km) |
| Eve-100 | Eve Air Mobility (Embraer) | 4 +1 | 1700 | 100 |
| EHang VT-30 | EHang | 2 +1 | 700 | 300 |
| Alia-250 | Beta | 5 +1 | 2720 | 250 |
| Tilt-rotor | Fabricante | Passageiros | Peso (kg) | Alcance (km) |
| Midnight | Archer | 4 | 3175 | 160 |
| S4 | Joby | 4 +1 | 1815 | 241,4 |
| Lilium Jet | Lilium | 6 | 3000 | 250 |
| Butterfly | Overair | 5 | 3175 | 160 |
| SA-2 | Supernal (Hyundai) | 4 | 3175 | 160 |
| VX4 | Vertical Aerospace | 4 | 3175 | 160 |
| Gen 6 | Wisk Aero | 2 | 1360 | 144 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados dos fabricantes.

Modelos de eVTOLs em desenvolvimento

Multirrotores

EHang – aeronave EHang 216S

A EHang, fundada em dezembro de 2014, é uma empresa chinesa pioneira em tecnologia de veículos aéreos autônomos, a qual é responsável por projetar e fabricar aeronaves eVTOL de passageiros e de carga.

O EHang 216S (Figura 4) é um eVTOL autônomo projetado para atender às necessidades de transporte urbano. Possui uma estrutura leve feita de materiais compostos de carbono e metal, comprimento de 5,73 metros, altura de 1,93 metro, peso máximo de decolagem de 620 kg e alcance de até 35 km, atingindo a velocidade máxima de 130 km/h (Goldstein; Warwick, 2023). É alimentado por 16 motores elétricos conectados a 16 rotores em um *design* coaxial de duas pás para cada rotor, além de ser uma aeronave equipada com um sistema de controle de voo avançado, navegação inteligente e GPS, permitindo voos totalmente autônomos.

Os usos do Ehang 216S são variados, incluindo transporte público, turismo, evacuação médica e logística de curta distância. Sua capacidade de decolagem e pouso vertical o torna indicado para operações em áreas urbanas densas, onde o espaço é limitado.

Figura 4 | EHang – 216S



Fonte: Arquivo pessoal de Marcos Henrique Figueiredo Vital. São Paulo, 2025.

A EHang foi o primeiro fabricante a obter uma certificação de tipo eVTOL no mundo, com o modelo Ehang 216S, emitido pela Civil Aviation Administration of China (CAAC), ou autoridade de aeronáutica civil da China (EHang..., 2023). Tal certificação permite que a EHang opere seu eVTOL autônomo de dois lugares em rotas comerciais e de turismo dentro do país.

No entanto, é preciso considerar que o EHang216S tem performance limitada e que foram levantadas questões acerca do nível de segurança operacional nos critérios da CAAC (Goldstein; Warwick, 2023).

Volocopter – aeronave VoloCity

A Volocopter GmbH foi fundada em 2011 em Karlsruhe, na Alemanha, com a intenção de fabricar uma aeronave multicóptero⁴ elétrica de decolagem e pouso vertical (eVTOL) para viagens urbanas rápidas e eficientes. Em 21 de outubro de 2011, a empresa fez história ao fazer o primeiro voo tripulado no mundo de um multicóptero, chamado VC1.

Figura 5 | Volocopter – VoloCity



Fonte: Ibex73, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VoloCity_at_Paris_Ari_Show_2023_\(4\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VoloCity_at_Paris_Ari_Show_2023_(4).jpg).

Porém, em dezembro de 2024, a Volocopter declarou falência, sendo subsequentemente adquirida por um investidor chinês, mas, aparentemente, estaria enfrentando dificuldades para recomeçar seus desenvolvimentos, dadas a nova gestão e o novo ambiente (Flottau; Wall, 2025).

⁴ Termo de *marketing* criado para aproximar o que é um eVTOL multirotor do conceito de helicóptero (justificável, uma vez que essa configuração não tem asas, apenas rotores múltiplos).

Lift-and-cruise

Eve Air Mobility – aeronave Eve-100 (Embraer)

Em síntese, as principais características e critérios de projeto dessa aeronave são:

- flexibilidade na configuração de assentos: quatro passageiros na entrada em serviço operacional (2027), avançando para seis passageiros no futuro, com operação autônoma (sem pilotagem a bordo);
- alta utilização diária: aeronave projetada para milhares de ciclos de voo ao ano (*flight cycles*), com uma confiabilidade projetada para ser *benchmark* dessa indústria;
- veículo 100% elétrico: emissão nula de CO₂ nas operações;
- projetado para a mobilidade urbana: alcance de 100 km (60 milhas) quando da entrada em serviço (2027), o que atende a 99% das missões de UAM;
- eficiência econômica: custo por assento mais de seis vezes inferior ao de helicópteros equivalentes, objetivando ser o mais baixo entre todos os eVTOLs; e
- baixo impacto ambiental: pegada de ruído (*noise footprint*)⁵ inferior em até 90% em relação à de helicópteros equivalentes.

A Figura 6 apresenta a configuração do Eve-100 em desenvolvimento pela Eve Air Mobility.

⁵ Esse termo se refere a uma determinada área no solo que sofre o impacto sonoro da operação da aeronave. A linha de contorno dessa área – seu perímetro – é constituída pela chamada curva isofônica, ou seja, uma curva imaginária sobre a qual um determinado nível de ruído é constante. Por exemplo, uma curva de 50 decibéis. Portanto, quanto menos ruído uma aeronave produzir, menor será sua “pegada” de ruído, ou seja, menor será a área coberta pela curva de 50 decibéis no solo.

Figura 6 | Eve Air Mobility – Eve-100



Fonte: Acervo Eve Air Mobility.

Beta Technologies – aeronave Alia 250

O Alia 250 (Figura 7) foi inspirado em um pássaro ártico conhecido por suas longas migrações. Seu *design* inclui uma configuração de cauda em V, asas arqueadas e pontas de asas afiladas para reduzir o arrasto aerodinâmico e melhorar a estabilidade em baixas velocidades (Beta Technologies, 2025). A aeronave também conta com quatro rotores montados horizontalmente para decolagem e pouso verticais, além de uma hélice traseira para a propulsão horizontal.

Ademais, está disponível em versões para passageiros e carga, com capacidade para até seis passageiros, incluindo o piloto, ou 200 pés cúbicos (5,66 m³) de carga. Tem um alcance de aproximadamente 250 milhas (cerca de 400 km) e é projetada para ser simples e segura, minimizando a complexidade e os pontos críticos de falha. Além do transporte de passageiros, pode ser utilizada para missões de transporte de órgãos, logística e outras aplicações de mobilidade aérea.

Figura 7 | Beta Technologies – Alia 250



Fonte: BETA Technologies, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BETA_Technologies_ALIA_250.jpg#file.

A Beta recebe recursos do Agility Prime, o programa da Força Aérea dos EUA (USAF, na sigla em inglês), que conta com US\$ 100 milhões anuais para apoiar a certificação e o desenvolvimento de aeronaves eVTOL (Brinkmann, 2022). Esse fato destaca o potencial do Alia 250 para aplicações tanto comerciais como militares.

Airbus – aeronave CityAirbus NextGen

CityAirbus NextGen (Figura 8) é um protótipo de decolagem e pouso vertical (eVTOL) totalmente elétrico de três lugares, mais o lugar do piloto (Airbus, 2025). Tem alcance operacional de 80 km e velocidade de cruzeiro de 120 km/h, tornando-o perfeitamente adequado para uma variedade de operações de voo.

A configuração da aeronave incorpora elementos de *design* inovadores que contribuem para uma arquitetura robusta e perfeita, como:

- asas fixas;
- cauda em forma de V; e
- oito hélices elétricas como parte de seu sistema de propulsão distribuída de design exclusivo.

Figura 8 | Airbus – CityAirbus NextGen



Fonte: Leo067, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CityAirbus_NextGen.jpg.

A Airbus apresentou seu protótipo ao público em dezembro de 2023. Tal evento coincidiu com a abertura do novo centro de desenvolvimento do CityAirbus em Donauwörth, na Alemanha, dedicado a sistemas de teste para eVTOLs. O centro faz parte do investimento contínuo e de longo prazo da Airbus em AAM, sendo usado para ensaios que cobrem os motores elétricos com seus oito rotores, bem como outros sistemas, como controles de voo e aviônicos. Após a realização do primeiro voo não tripulado do protótipo em novembro de 2024, a Airbus resolveu interromper o desenvolvimento desse programa, à espera de avanços na tecnologia das baterias.

Tilt-X

Archer – aeronave Midnight

O *design* do Archer Midnight inclui 12 rotores: seis inclináveis para transição entre voo vertical e horizontal e seis fixos para decolagem e pouso. A fuselagem apresenta asa alta e cauda em “V”, garantindo estabilidade e baixos níveis de ruído, ideal para áreas urbanas densas. Tem capacidade para quatro passageiros e um piloto, peso máximo de decolagem de aproximadamente 3.175 kg, alcance de 80 km e velocidade máxima de 241 km/h (The Vertical Flight Society, 2025b).

O processo de certificação do Archer Midnight está em andamento, com a empresa colaborando com a Federal Aviation Administration (FAA) no processo. A aeronave já recebeu certificado de aeronavegabilidade especial para testes de voo e está em busca da certificação de tipo para operações comerciais, contando ainda com seis protótipos da versão definitiva. É esperado que a certificação da FAA seja obtida ainda em 2025 e o início das operações comerciais logo após.

No âmbito militar, o Midnight tem potencial para missões de transporte de pessoal, suporte logístico e operações de resgate, com vantagens estratégicas em cenários que exigem agilidade e discrição. A Archer tem um contrato de US\$ 142 milhões com o programa Agility Prime da USAF. Isso tem permitido à USAF realizar um número considerável de ensaios em voo com o Midnight, tanto para pesquisa própria como para contar pontos para a campanha de certificação de tipo junto à FAA (uma espécie de subsídio governamental disfarçado ao desenvolvimento da versão civil). Já o Decreto Presidencial de junho de 2025, do Presidente Donald Trump, ao criar o Programa Piloto de Ensaios para Carros Voadores, viabilizou um aumento de

capital de US\$ 850 milhões para a Archer. O programa fomentará os usos de eVTOLs para táxi aéreo, transporte de carga, logística de defesa e serviços médicos emergenciais (President..., 2025).

Joby Aviation – aeronave S4

O S4 (Figura 9) utiliza propulsão elétrica distribuída, permitindo que os motores sejam distribuídos ao longo da estrutura, o que proporciona maior eficiência e redundância. Com seis rotores basculantes, o *design* combina características de helicópteros e aviões, possibilitando decolagens e poucos verticais, além de voos horizontais rápidos e relativamente silenciosos. A estrutura é feita de materiais compostos leves, com o objetivo de reduzir o peso total e incrementar a eficiência energética, tendo um peso vazio de aproximadamente 1.950 kg e um peso máximo de decolagem de 2.404 kg. É projetado para transportar um piloto e até quatro passageiros, além de espaço para bagagem. Trata-se de uma aeronave dimensionada para missões de serviços de táxi aéreo urbano e interurbano.

Nesse sentido, o S4 tem alcance de aproximadamente 240 km com uma única carga elétrica, adequado para viagens curtas e médias. Atinge uma velocidade máxima de 322 km/h, com níveis de ruído significativamente inferiores aos de helicópteros, tornando-o uma aeronave indicada para operações em áreas urbanas.

Figura 9 | Joby Aviation – S4



Fonte: Acervo Joby Aviation. (c) Joby Aero, Inc. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1epAWlpwQiJJL_jOEDIMbWnET8b878Dj.

No que diz respeito à certificação, o processo de aprovação pela FAA vem avançando, incluindo testes estruturais e de sistemas. Isso porque o primeiro protótipo de produção da Joby realizou seu primeiro voo com pilotagem a bordo e transição dos rotores em abril de 2025.

Trata-se da primeira de duas unidades para entrega à USAF ainda este ano, contratadas por meio do programa Agility Prime, da mesma forma como no caso anterior e visando às mesmas aplicações operacionais básicas (o que talvez seja uma concorrência disfarçada). O contrato, no valor de US\$ 131 milhões, prevê a entrega e a operação de até nove aeronaves para ensaios em voo. Com relação aos protótipos pilotados para certificação junto à FAA, eles já estão em voo, com o início da operação comercial previsto para acontecer ainda em 2025, caso a certificação avance no ritmo esperado.

A empresa pretende comercializar diretamente a operação das aeronaves, sem vendê-las para terceiros, sendo a fabricante japonesa Toyota a maior investidora individual na empresa.

Vertical Aerospace – aeronave VX4

O britânico VX4 (Figura 10) tem um *design* aerodinâmico com oito rotores montados na frente e atrás da asa, acima da cabine, sendo que os quatro rotores frontais são inclináveis para transição entre voo vertical e horizontal (Vertical Aerospace, 2024). A estrutura é feita de compósitos de fibra de carbono, garantindo leveza e resistência, e o modelo é alimentado por baterias desenvolvidas pela Vertical Energy Centre, do mesmo grupo.

O VX4 tem capacidade para transportar até quatro passageiros, além do piloto, com um peso máximo de decolagem de aproximadamente 2.700 kg. Foi projetado para alcançar uma velocidade de cruzeiro de até 241 km/h (150 mph) e tem um alcance de aproximadamente 160 km (100 milhas) por carga elétrica (The Vertical Flight Society, 2025c). Em relação à eficiência VX4, o qual conta com *design* bastante aerodinâmico, utilização de tecnologias de ponta em propulsão elétrica e controle de voo, esta foi obtida graças a parcerias com empresas tradicionais como Honeywell (EUA) e Leonardo (Itália).

Os usos do VX4 são variados e incluem transporte urbano de passageiros, serviços de táxi aéreo e operações logísticas. O VX4 é voltado para ambientes urbanos densos, especialmente por apresentar nível de ruído adequado para operar em áreas residenciais. A Vertical Aerospace, sediada no Reino Unido, está colaborando com a Civil Aviation Authority (CAA), do Reino Unido, e com a European Union Aviation Safety Agency (EASA), da União Europeia, para obter a certificação necessária.

Figura 10 | Vertical Aerospace – VX4



Fonte: Acervo Vertical Aerospace. Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/181dsRNvtLfHWezGv6Ywar-UoWuigjfMy>.

No entanto, a empresa enfrentou a perda de um protótipo em escala real e não pilotado em 2023, fazendo com que um segundo protótipo em escala real fosse montado para novos ensaios e os voos fossem retomados, inclusive já com pilotagem a bordo. A conclusão da certificação está planejada para ocorrer ao final de 2026.

Seria digna de inclusão nesta seção o eVTOL S-A2 da Supernal, subsidiária nos EUA da gigante coreana Hyundai (mais conhecida por seu braço automobilístico). Porém, a empresa adotou uma estratégia de desenvolvimento lento, prevendo a certificação a partir de 2028. Com isso, espera-se que o mercado já tenha se estabelecido de forma mais consistente até lá, além dos novos avanços tecnológicos (Warwick, 2024).

Por fim, nesta seção, cabe incluir também o Lilium Jet, da fabricante alemã Lilium, embora a empresa tenha, infelizmente, falido no final de 2024, após vários anos de desenvolvimento e com protótipos (não tripulados) já em voo. Isso ocorreu por falta de capital para continuar

seu desenvolvimento, apesar dos apelos (infrutíferos) de apoio e suporte feitos ao governo alemão.

O entendimento correto das características e requisitos de cada projeto apresentado é importante para que seja possível comparar os aspectos concorrenenciais do eVTOL da Eve Air Mobility com os demais projetos. Atualmente, o Eve-100 se encontra em processo de certificação pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), com expectativa de entrada em operação comercial em 2027. O voo do primeiro do protótipo de engenharia para prova de conceito, sem tripulação, ou seja, com a pilotagem sendo feita de forma remota em solo, está previsto para ocorrer ainda em 2025 ou no início de 2026. A expectativa é de que os cinco protótipos mais avançados levantem voo em 2026, para a campanha de certificação (aeronaves conformes, no jargão técnico). A certificação da Anac deve ser finalizada entre 12 e 18 meses após o início dos voos dos cinco protótipos avançados ou, no mais tardar, em meados de 2027.

No entanto, alguns pontos merecem atenção:

- a existência de *trade-off* entre o alcance (atualmente de 100 km) e o peso (em torno de três toneladas, incluindo quatro passageiros, bagagem e o piloto), compreendendo que, quanto maior o peso, menor o alcance do equipamento, e vice-versa; e
- os custos de operação dos eVTOLs, tais como os de treinamento de pilotos e as tarifas de utilização de vertiportos, mostram-se mais competitivos do que seus concorrentes (principalmente helicópteros, vide próxima seção).

A expectativa de vida da bateria, estimada entre 10% e 15% do valor total do eVTOL, é outro aspecto relevante, dado seus impactos na economicidade da operação da aeronave; a bateria utilizada pelo Eve-100, por exemplo, tem duração de cerca de quatro mil voos (em torno de um ano de uso). No entanto, os fabricantes buscam continuamente avanços

significativos no intuito de aumentar a sua vida útil, o que evidentemente reduz o custo operacional da aeronave.

Comparação entre eVTOLs e helicópteros – substitutos ou complementares?

O eVTOL e o helicóptero⁶ compartilham de diversas características, entre as quais é possível citar:

- a capacidade de decolar e pousar sem a necessidade de uma pista, bastando apenas uma pequena área do terreno ou uma estrutura que suporte seu peso para pousos ou decolagens; e
- a capacidade de executar o que se denomina “voo pairado”.

Essas duas qualidades podem, em princípio, levar a intuir que ambos os equipamentos são concorrentes em diversas aplicações, ainda que não em todas as situações ou mercados. Em particular, a faixa de alcances dos eVTOLs, entre 100 e 300 km, situa-se muito abaixo dos 500 km que um helicóptero médio pode alcançar. Assim sendo, os eVTOLs podem competir apenas em percursos mais curtos, dado o atual estado da arte.

Entretanto, é a propulsão elétrica do eVTOL que o distingue predominantemente, derivando daí as suas principais peculiaridades. Comparado ao helicóptero, o eVTOL apresenta baixa emissão de ruídos e nenhuma emissão direta de gases de efeito estufa (GEE) oriundos da queima de combustível fóssil, além de apresentar menores custos de operação.

6 Características e usos para helicópteros podem ser encontrados em Gomes *et al.* (2013).

Utilizar motores elétricos, leves e de mecânica mais simples é mais um ponto a favor do eVTOL. Sem os complexos e pesados motores dos helicópteros, o eVTOL não requer o uso das também pesadas caixas de transmissão, nem dos sistemas mecânicos e eletroeletrônicos que os controlam (Hu *et al.*, 2025).

Essas qualidades também viabilizam a distribuição da propulsão em diversos motores (multirrotor), trazendo redundância entre os sistemas da aeronave e, consequentemente, maior segurança operacional. Por exemplo, a falha de um rotor pode ser compensada pelos demais rotores, ou a falha de algum dos componentes aerodinâmicos ou de algum sistema que os controla pode ser compensada pela variação na angulação e/ou na velocidade de giro dos rotores.

Por ter propulsão elétrica, o eVTOL não emite GEE diretamente na sua operação. Caso seja carregado com energia de fonte renovável, pode ser considerado um meio de transporte ambientalmente 100% limpo, no que concerne a emissões diretas de CO₂, CO, NO_x e outros GEE oriundos da queima de combustíveis fósseis. Além disso, os motores elétricos têm eficiência energética de ordem de 75% a 90%, ou seja, muito superior à dos motores convencionais a jato, na faixa dos 30% e dos 50%, e dos motores a combustão interna, que ficam entre 20% e 40%.

Aeronaves convencionais utilizam combustível líquido como fonte de energia. Querosene de aviação, para os motores a jato, e gasolina de aviação, para motores a pistão, são os mais utilizados, sendo em ambos os casos hidrocarbonetos derivados do petróleo. O eVTOL requer o armazenamento de energia numa bateria embarcada na aeronave, a qual tem sido objeto de especial atenção, no que diz respeito ao *design*, à operação e à manutenção dos eVTOLs. Porém, baterias e combustíveis líquidos têm características bastante distintas, a saber (Quadro 1).

Quadro 1 | Armazenamento de energia

| Combustíveis líquidos | Baterias |
|--|---|
| A mesma quantidade de energia é armazenada em cada litro de combustível | A energia é distribuída de forma irregular ao longo da célula |
| A razão de consumo do combustível não diminui conforme o tanque se esvazia | Uma descarga rápida da bateria faz com que menos energia seja liberada |
| A capacidade de armazenamento do tanque não é reduzida devido ao uso | A capacidade de armazenamento da bateria é reduzida devido ao uso e ao tempo |
| A energia a ser demandada vai determinar a quantidade de combustível | A energia a ser demandada vai determinar a capacidade da bateria |
| Cada litro de combustível enche o tanque na mesma proporção | A taxa de carregamento varia – células de bateria são lentas para atingir carga total |

Fonte: Adaptado de McDonald (2023).

Da mesma forma que combustíveis líquidos diferem de baterias, as tecnologias dos motores convencionais (que consomem combustível líquido) e de motores elétricos são bastante diferentes, conforme pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 | Fontes de potência

| Combustíveis líquidos – motor convencional | Baterias – motor elétrico |
|---|--|
| Cada litro de combustível fornece a mesma potência | A potência é disponibilizada ao longo da célula de forma irregular |
| O combustível aceita praticamente qualquer taxa de consumo | Células de bateria fornecem potência a uma taxa limitada |
| A potência armazenada no combustível não é reduzida devido ao uso | A potência disponibilizada pela bateria é reduzida devido ao uso e ao tempo |
| A potência demandada pela aeronave vai determinar a potência do motor | A potência demandada pela aeronave vai determinar a potência do motor e, possivelmente, da bateria |
| Aeronaves que queimam combustível têm melhor desempenho ao final da missão* | Aeronaves com baterias têm pior desempenho ao final da missão |

Fonte: Adaptado de McDonald (2023).

*Isso ocorre porque, ao final da missão, devido à menor quantidade de combustível nos tanques, a aeronave carrega menos peso, o que leva à melhora do desempenho.

Dadas as peculiaridades do uso de baterias e motores elétricos, pode-se inferir que, enquanto não houver avanço considerável, os eVTOLs terão aplicações distintas dos helicópteros. Nesse sentido, os eVTOLs são mais indicados para missões de curta a média distâncias, em trajetos intraurbanos ou interurbanos pré-definidos, comportando até quatro passageiros ou 400 kg de carga. Os helicópteros, por outro lado, têm maior autonomia, maior margem para alterações de destino durante a missão, bem como, em geral, maior capacidade de carga.

Assim sendo, em certas atividades, o eVTOL poderá vir a ser o substituto perfeito dos helicópteros, como em missões do tipo interurbanas e *shuttle services*, emergências médicas, combates a incêndios etc., enquanto em outras não seria possível substituir helicópteros por eVTOLs, como mostrado pelo Apêndice A deste artigo, o qual apresenta uma síntese dos empregos vislumbrados para os eVTOLs. Por outro lado, helicópteros devem continuar a prevalecer em missões de longa duração, como operações *offshore*, de busca e salvamento, operações de forças de segurança pública ou militares, como ambulância aérea, e para transporte de autoridades. Ou seja, operações que demandem flexibilidade e maior autonomia da aeronave.

Considerações finais

Apesar das incertezas, alguns pontos sustentam os desenvolvimentos em curso:

- i) Não há maiores impedimentos de engenharia para que eVTOLs sejam certificados e ganhem o mercado, embora as escalas de tempo ainda sejam incertas.

- ii) O ecossistema a ser construído em torno dos eVTOLs (gestão do tráfego aéreo, vertiportos, integração de sistemas) não apresenta maiores impedimentos de engenharia, apesar dos ambientes socioambientais complexos.
- iii) Há demanda para os serviços de transporte dos eVTOLs, dado o grande leque de aplicações possíveis (Apêndice A), apesar da dificuldade em prever quantidades de aeronaves, rotas e frequências de voos.
- iv) O ganho ambiental proporcionado pela propulsão elétrica é considerável, podendo abrir portas para desenvolvimentos tecnológicos significativos na aviação de maior porte.
- v) Os recursos financeiros orçados para a implantação de mercados de AAM/UAM ao redor do mundo não são proibitivos. Diversos governos, principalmente no Oriente Médio (Dubai) e na Ásia (Singapura, Japão e Coreia do Sul), estão agindo proativamente nessa direção. Vislumbra-se que terão operações comerciais de eVTOLs já em 2026, à frente do resto do mundo (tema a ser detalhado na Parte 2).

Apesar disso, nos últimos dois anos, houve, como visto acima, o colapso da Lilium e da Volocopter na Alemanha; a Airbus e a Supernal/Hyundai, dois gigantes industriais, suspendendo (ou colocando em “fogo brando”) seus programas de eVTOLs por vários anos; os EUA intensificando seu apoio aos seus fabricantes com centenas de milhões de dólares e instituindo um programa oficial de apoio; e a China despontando com a primeira certificação aeronáutica de eVTOL no mundo, enquanto os países centrais ainda dão os últimos retoques em suas respectivas regulamentações de certificação.

Tal quadro sugere certo acirramento entre os empreendimentos que visam chegar ao mercado pioneiramente (China) ou de forma massiva (EUA), os *quick followers*, porém precavidos (Airbus e Hyundai), e os

que simplesmente não mantiveram *funding* adequado para sustentar as “queimas de caixa” requeridas até a comercialização em escala de seus produtos (os alemães). Comentários informais por parte de analistas de mercado experientes, os quais foram ouvidos pelos autores em seminários de que participaram, explicitam que o jogo para se tornar um fabricante bem-sucedido de eVTOL é conseguir investir US\$ 1 bilhão até começar a ter retorno, mas isso pode não ser o caso da Airbus e da Hyundai.

No caso do Brasil, a Embraer/Eve Air Mobility parece seguir um caminho intermediário entre os “acirramentos” vistos acima. Vislumbra-se que o Eve-100 só entrará em operação comercial após os eVTOLs americanos, porém seu *funding* tem crescido de forma contínua e consistente ao longo dos anos, inclusive com o apoio do BNDES. Seu foco é o mercado UAM, em que a demanda é prevista como sendo de veículos mais simples do que os americanos, mas em quantidade elevada e com preços de venda inferiores aos dos concorrentes dos EUA.

Talvez o maior desafio, comum a todos os fabricantes que permanecerem no jogo, seja prever a velocidade com que os mercados para aplicações de eVTOLs (Apêndice A) se desenvolverão ao longo dos próximos cinco a dez anos. Isso porque tal velocidade influenciará diretamente os investimentos de longo prazo a serem feitos nas cadeias produtivas e nas cadeias de produção nas fábricas. Subinvestimentos geram custos unitários mais elevados e perda de competitividade, ao passo que sobreinvestimentos geram produção que não é comercializada ou alongamentos nos prazos de recuperação do capital investido.

Portanto, são os aspectos mercadológicos do futuro mercado para os eVTOLs que agora se colocam. Entre tais aspectos, a implantação progressiva da infraestrutura requerida apresenta-se como de natureza fundamental. Esse e outros desafios que assim se vislumbram serão abordados na Parte 2.

Referências

AIRBUS. CityAirbus NextGen. *Airbus*, Blagnac, 2025. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/innovation/energy-transition/hybrid-and-electric-flight/cityairbus-nextgen>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL ganha nova política industrial com metas para o desenvolvimento até 2033. *Agência Gov*, Brasília, DF, 22 jan. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.abc.com.br/noticias/202401/brasil-ganha-nova-politica-industrial-com-metas-e-acoes-para-o-desenvolvimento-ate-2033-1>. Acesso em: 8 mai. 2025.

BRINKMANN, P. U.S. Air Force determined not let advanced air mobility revolution pass by it, or the American economy. *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, Reson, 9 set. 2022. Disponível em: <https://aiaa.org/u-s-air-force-determined-not-let-the-advanced-air-mobility-revolution-pass-it-or-the-american-economy/>. Acesso em: 7 mar. 2025.

EHANG successfully obtains type certificate for EH216-S Passenger-Carrying UAV System issued by Civil Aviation Administration of China. *EHang*, Guangzhou, 13 out. 2023. Disponível em: <https://www.ehang.com/news/990.html>. Acesso em: 28 mar. 2025.

FLOTTAU, J.; WALL, R. Arc de Trump. *Aviation Week & Space Technology*, New York, v. 187, n. 1, p. 32, 2025.

GOLDSTEIN, B.; WARWICK, G. First certified eVTOL, EHang's EH216-S, Lacks Commercial Appeal. *Aviation Week Network*, New York, 24 out. 2023.

GOMES, S. B. V.; FONSECA, P. V. R.; QUEIROZ, V. S. O setor aeronáutico de helicópteros civis no mundo e no Brasil: análise setorial. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 38, p. 213-263, 2013. Disponível em: https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4781?&locale=pt_BR. Acesso em: 24 jun. 2024.

HU, L.; YAN, X.; YUAN, Y. Development and challenges of autonomous electric vertical take-off and landing aircraft. *Helijon*, London, v. 11, n. 1, e41055, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41055>. Acesso em: 25 ago. 2025.

JOHNSON, O. Airbus to 'pause' CityAirbus NextGen development. *Vertical Magazine*, Kitchener, 28 jan. 2025. Disponível em: <https://verticalmag.com/news/airbus-to-pause-cityairbus-nextgen-development/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MCDONALD, R. Batteries are not fuel. *Engineering – engrxiv archive*, San Luis Obispo, CA, 2023. Disponível em: <https://engrxiv.org/preprint/view/2803/version/4016>. Acesso em 6 nov. 2024.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. *UAM Vision Concept of Operations (ConOps) UAM Maturity Level (UML) 4*. Version 1.0. Elaborado por Deloitte Consulting LLP. Washington, DC: NASA, 2020. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205011091/downloads/UAM%20Vision%20Concept%20of%20Operations%20UML-4%20v1.0.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2025.

PORSCHE CONSULTING. *The future of vertical mobility: sizing the market for passenger, inspection, and goods services until 2035*. Stuttgart: Porsche Consulting, 2018. Disponível em: <https://canadianaam.com/wp-content/uploads/2021/05/The-Future-of-Vertical-Mobility-Porsche-Consulting.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2024.

PRESIDENT Trump Signs Executive Orders on Drones, Flying Cars, and Supersonics. The White House, Washington, DC, 11 jun. 2025. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/articles/2025/06/president-trump-signs-executive-orders-on-drones-flying-cars-and-supersonics/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

THE VERTICAL FLIGHT SOCIETY. The Electric VTOL News. *The Vertical Flight Society*, Fairfax, 2025a. Disponível em: <https://evtol.news/aircraft>. Acesso em: 28 mar. 2025.

THE VERTICAL FLIGHT SOCIETY. Archer Aviation Midnight (production aircraft). *The Vertical Flight Society*, Fairfax, 2025b. Disponível em: <https://evtol.news/archer>. Acesso em: 28 mar. 2025.

THE VERTICAL FLIGHT SOCIETY. Vertical Aerospace VX4 (production model). *The Vertical Flight Society*, Fairfax, 2025c. Disponível em: <https://evtol.news/vertical-aerospace-VA-1X>. Acesso em: 28 mar. 2025.

VERTICAL AEROSPACE. Vertical flight is on the horizon. *Vertical Aerospace*, Bristol, 2024. Disponível em: <https://vertical-aerospace.com/meet-the-vx4/>. Acesso em: 28 mar. 2025.

WARWICK, G. ReConnectTN seeks a unifying vision for regional air mobility. *Aviation Week & Space Technology*, New York, 2024.

Apêndice A – Emprego das aeronaves eVTOLs⁷

Sete empregos principais identificados

- serviço de táxi *on demand* (por aplicativo) entre áreas urbanas, rurais e metropolitanas;
- ligações aéreas regulares – tipo *shuttle* – em redes de transporte, incluindo *airport shuttles* (ligações frequentes cidade – aeroporto);
- turismo e *sight-seeing* em torno e sobrevoando pontos/áreas de interesse;
- transporte médico emergencial de urgência máxima (ambulância e resgate médico);
- transporte de pacientes para o hospital ou entre hospitais;
- gestão em áreas de desastres, incluindo monitoramento, combate a incêndios e evacuação de vítimas; e
- segurança nacional e vigilância aérea, por exemplo vigilância de territórios e áreas de fronteiras.

Cinco empregos principais como aeronave cargueira

- transporte de material médico de curta validade de tempo, incluindo itens sob refrigeração;
- transporte de material para pronto-socorro até áreas de desastres, incluindo alimentos, fármacos etc.;

⁷ Elaborado com base em: BRYCETECH. *Advanced air mobility: an assessment of a coming revolution in air transportation and logistics*. Guilford: BryceTech, 2023. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6571b635049516000f49be06/advanced-air-mobility-evidence-review.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2025.

- entregas diretas de produtos ao consumidor, em domicílio ou em centros de distribuição próximos;
- logística interna de empresas, ou seja, ao longo da cadeia de suprimentos; e
- transporte de carga pesada, por exemplo para correios ou de bens de consumo.

Segmentos de mercado

Os empregos principais acima poderão atender aos seguintes segmentos do mercado de passageiros:

- profissionais especializados deslocando-se do e para o local de trabalho;
- usuários de aeroportos, incluindo serviços de *shuttle* (ligação aeroporto – cidade);
- turistas/viajantes de lazer utilizando veículos AAM;
- empresas contratantes do uso de veículos AAM para passageiros;
- organizações especializadas na resposta rápida a emergências, incluindo entidades de apoio médico ou de atendimento em desastres naturais; e
- organizações ligadas à segurança nacional, como guardas costeiras e de controle de fronteiras.

Segmentos do mercado de carga

- consumidores individuais contratantes de serviços AAM para entrega de mercadorias;
- organizações especializadas na resposta rápida a emergências, empregando serviços AAM para entrega de bens perecíveis ou de curto prazo de validade;

- empresas (que não operadores logísticos) que eventualmente precisarão operar veículos no ambiente AAM;
- operadores logísticos responsáveis pela movimentação de mercadorias; e
- organizações ligadas à segurança nacional, tais como as forças armadas e de controle de fronteiras.