

# ADVANCED AIR MOBILITY

Panorama e Perspectivas



2023

# ADVANCED AIR MOBILITY – PANORAMA E PERSPECTIVAS - 2023

SUPERINTENDÊNCIA DE AERONAVEGABILIDADE – SAR

Abril / 2023

## SUPERINTENDENTE

Roberto Honorato

## GERENTE TÉCNICO DE NORMAS E INOVAÇÃO

Marco Santin

## ELABORAÇÃO E EDIÇÃO

André Mayoral

## PARTICIPAÇÃO E AGRADECIMENTOS À:

Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária

- Gerência Técnica de Planos, Programas, Helipontos e Informações Cadastrais

Superintendência de Aeronavegabilidade

- Gerência de Certificação de Projeto de Produto
- Gerência Técnica de Certificação de Organizações e Inspeção
- Gerência Técnica de Aeronavegabilidade Continuada

## PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Assessoria de Comunicação Social (ASCOM)



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>2 CONTEXTO</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Aeronaves e usos esperados</b>	<b>5</b>
2.1.1 Casos de uso previstos	7
2.1.2 Tecnologias viabilizadoras	9
<b>2.2 Visão geral do setor emergente de AAM</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Expectativas inflacionadas e os desafios da realidade</b>	<b>15</b>
2.3.1 <i>Hype, hype cycle</i> e maturidade	15
2.3.2 Desafios do desenvolvimento e certificação	18
2.3.3 Desafios de produção	21
2.3.4 Desafios de infraestrutura	22
2.3.5 Desafios de custos de operação	24
2.3.6 Desafios relativos a investimentos	25
2.3.7 Desafios de tráfego aéreo	26
<b>3 ÁREAS DE REGULAÇÃO IMPACTADAS</b>	<b>27</b>
<b>4 AÇÕES LIGADAS À CERTIFICAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>28</b>
<b>5 AÇÕES DE COORDENAÇÃO</b>	<b>31</b>
5.1 Coordenação Internacional	31
5.2 Coordenação Nacional	32
<b>6 EIXOS DE COMUNICAÇÃO</b>	<b>33</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>34</b>





# 1 INTRODUÇÃO

Está em gestação um novo setor na aviação, muito promissor, que traz uma mudança tão radical como foi a introdução do automóvel para o transporte terrestre nas primeiras décadas do século 20. É impulsionado pela convergência de três fatores significativos: novas tecnologias aplicáveis à aviação, uma enorme capacidade de financiamento no mundo, e a busca pela “emissão zero”. Voltado para a problemática da superpopulação das grandes metrópoles, esse novo mercado é estimado em mais de 1 trilhão de dólares em 2040.

No início foi chamado de UAM – *Urban Air Mobility*, visando ao transporte aéreo urbano de carga e passageiros, inclusive com serviços de drones. Mas, em pouco tempo, a Nasa passou a chamá-lo de AAM – *Advanced Air Mobility*, ou Mobilidade Aérea Avançada, visto que as aeronaves propostas passaram a almejar alcances maiores, podendo atingir cidades próximas. E essa denominação passou a vigorar mundialmente. A FAA (*Federal Aviation Administration*, dos EUA) descreve AAM como transporte aéreo urbano, regional e intrarregional, de carga e passageiros, entre locais previamente não servidos ou pouco servidos pela aviação, usando aeronaves revolucionárias. O termo *Urban Air Mobility* ainda é usado, quando se refere ao subconjunto urbano de AAM.

A Mobilidade Aérea Avançada é conhecida predominantemente pelo uso de aeronaves de decolagem e pouso na vertical (eVTOL<sup>1</sup>). Esses veículos têm o potencial de serem mais silenciosos e seguros, de modo que possibilitariam voos mais próximos de áreas populosas do que hoje temos com os helicópteros. Por esse motivo, inicialmente foi dado o nome de UAM – *Urban Air Mobility*, pois o foco inicial era o voo nas cidades.

Este é um documento que tem duplo propósito, visando a não só registrar o momento atual, mas especialmente, prover direcionamento para estruturar ações para o desenvolvimento orgânico das funções relativas a AAM na ANAC, no que se refere à certificação de projeto de aeronaves eVTOL. Essas funções teriam foco no estabelecimento do modelo de certificação, reconhecimento internacional e ampla comunicação e coordenação com organizações nacionais e internacionais.

O objetivo dessas ações é aprimorar a gestão dos diversos aspectos relacionados à nova tecnologia: em âmbito interno, para garantir o desenvolvimento compatível com os demais elementos do ecossistema de AAM; e externamente, para atingir a devida comunicação e preparação das demais partes interessadas.

---

1 eVTOL – *electric vertical take-off and landing* – aeronave elétrica de decolagem e pouso na vertical.



## 2 CONTEXTO



Antes de mais nada, vamos contextualizar e descrever esse setor emergente, o qual tem sido chamado por alguns de “ecossistema” de AAM. Quais são as aeronaves envolvidas? Quais tecnologias? Quais são as possibilidades de uso dessas aeronaves? De que se compõe esse setor, ou ecossistema? Quais são as expectativas para ele?

### 2.1 AERONAVES E USOS ESPERADOS

Primeiramente, as aeronaves. Além das aeronaves eVTOL, com maior número de projetos, também há propostas em desenvolvimento de aeronaves de pista curta (eSTOL<sup>2</sup>) e até mesmo aeronaves de propulsão elétrica que usam pistas convencionais (eCTOL<sup>3</sup>). Vejamos alguns exemplos dessas aeronaves.



**Figura 1** - eVTOLs:

- (a) multirrotor
- (b) lift+cruise
- (c) tilt rotor

2 eSTOL – *electric short take-off and landing* – aeronave elétrica de decolagem e pouso em pista curta.

3 eCTOL – *electric conventional take-off and landing* – aeronave elétrica de decolagem e pouso convencional.



Figura 2



Figura 3A

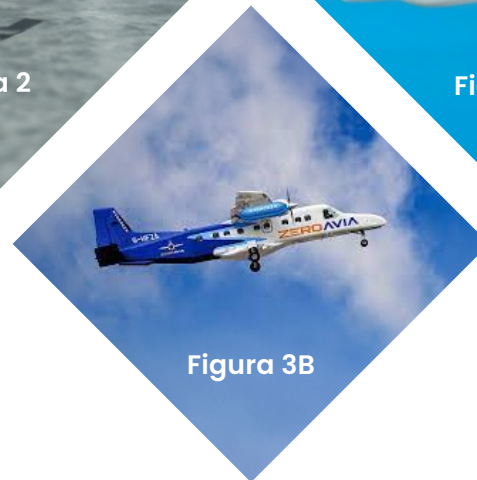


Figura 3B

Figura 2 – eSTOL

Figura 3 – eCTOL

(a) novo projeto

(b) conversão de motor

Antes de mais nada, é importante notar que, no momento da redação desse documento, não temos nenhuma dessas aeronaves em operação, ou sequer certificadas. Todas estão em diferentes estágios de desenvolvimento, sendo que algumas já se encontram em processo de certificação.

Existem dezenas, senão centenas, de projetos de eVTOL em desenvolvimento, os mais variados possíveis. Mas já se configuram alguns tipos mais usuais de projetos. A Figura 1 mostra os três tipos mais comuns de projeto de aeronaves eVTOL. O exemplo (a) é do tipo multirrotor, ou multicóptero, que não tem asas. O exemplo (b) é do tipo *lift+cruise* (com asas, além de rotores separados para propulsão vertical e horizontal) e o exemplo (c) é do tipo *tilt-rotor* (rotor basculante), ou *vectored thrust* (empuxo vetorizado), em que os rotores usados par movimento vertical basculam ao fazerem a transição de voo vertical para horizontal; e que também apresentam asas convencionais. No caso *lift+cruise* (livremente: “sustentação + cruzeiro”), os rotores de propulsão vertical são desligados após se atingir velocidade horizontal suficiente para a sustentação pelas asas.

A Figura 2 mostra um exemplo de aeronave eSTOL; que estão sendo projetadas para usarem pistas muito curtas, em torno de 100 a 150 metros de extensão.

Já na Figura 3 temos exemplos de eCTOL. Existem tanto projetos de aeronaves totalmente novas (a), quanto projetos de conversão de motorização para propulsão elétrica (b), que tendem a ficarem prontos mais cedo e já começaram a ganhar mercado.

Mais adiante veremos as tecnologias que viabilizaram essas novas aeronaves. Mas antes vejamos um pouco sobre os casos de uso previstos para elas.

## 2.1.1 Casos de uso previstos

Os desenvolvedores de aeronaves eVTOL precisam primeiramente idealizar usos rentáveis para suas aeronaves. Para tanto, encomendam análises de mercado e realizam estudos para chegarem ao que geralmente é denominado de Conceito de Operações (*Concept of Operations – Conops*<sup>4</sup>). Eles visam a descrever toda a operação do sistema pretendido (no caso a aeronave) em seus ambientes operacionais pretendidos, inclusive as atividades de todos os envolvidos. São os chamados “casos de uso”. Com isso em mãos pode-se partir para a elaboração de requisitos para a aeronave, previsões de demanda e análises de mercado; as quais podem realimentar o estudo do conceito de operações.

De acordo com a consultoria Roland Berger<sup>5</sup> o mercado futuro de eVTOL seria dominado por três casos de uso principais, voltados para grandes centros urbanos:

- ▶ **Táxi-aéreo urbano** – voos de 15 a 50km, sob demanda, entre pontos de pouso disponíveis;
- ▶ **Transporte para aeroportos (*airport shuttle*)** – voos de 15 a 50km, agendados, com rotas definidas entre aeroportos e pontos selecionados;
- ▶ **Voos entre cidades próximas** – voos de 50 a 250km, agendados, com rotas definidas.

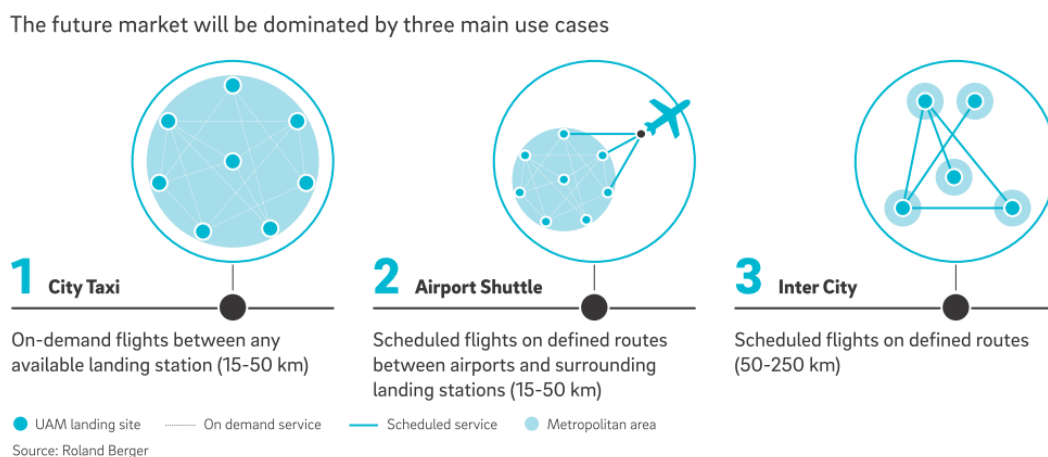


Figura 4 - Casos de uso típicos

4 Conops - Esse estudo é uma das primeiras atividades, segundo a disciplina de Engenharia de Sistemas.

5 *Urban Air Mobility | USD 90 billion of potential. How to capture a share of the passenger drone market, Nov/2020, © Roland Berger.*





Interessante notar que esses são os casos de uso buscados pela maioria dos principais desenvolvedores de aeronaves eVTOL; que são geralmente empresas recém-criadas (*startups*) que têm investidores externos, para os quais precisam demonstrar rentabilidade em futuro próximo (2024-2025).

Contrastemos esses casos de uso futuros com os da Airbus<sup>6</sup>, que tem 70 anos de experiência em produção de helicópteros, e financia internamente seu desenvolvimento de eVTOL. Seus casos de uso previstos para iniciar são:

- ▶ **Emergências médicas** – em que o eVTOL complementa o serviço do helicóptero, atuando em distâncias menores e o helicóptero em distâncias maiores;
- ▶ **Turismo** – transportando pessoas a lugares onde o ruído do helicóptero não seria aceitável; e
- ▶ **Shuttle services** – para aeroportos ou centros urbanos.

A Airbus deixa o caso de táxi-aéreo urbano “para depois”, visto entenderem que a infraestrutura e a regulamentação de tráfego aéreo urbano dificilmente estariam prontas em 2026, que é quando pretendem lançar seu eVTOL.

Como já mencionado, todos esses casos de uso dos projetos de eVTOL têm sido muito impulsionados por dois grandes fatores macroeconômicos mundiais: grande disponibilidade de capital de investimento e a busca por sustentabilidade ambiental. Houve muitos investidores, até o ano passado, com propensão para investir em novos negócios baseados em soluções de emissão zero de carbono. Inicialmente em veículos terrestres e, mais recentemente, em aviação.

Passemos agora a examinar as tecnologias envolvidas.

---

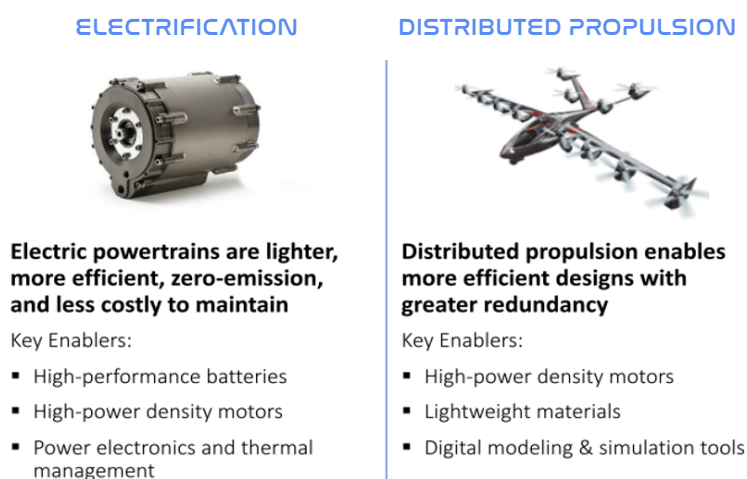
6 [Bjorn's Corner: Sustainable Air Transport. Part 48. eVTOL traffic management](#)

## 2.1.2 Tecnologias viabilizadoras

Todo esse movimento para construir um novo setor na aviação não surgiu por mera vontade de alguns. Foi a presença de determinadas tecnologias novas que tornou isso viável. Algumas estão mais maduras do que outras, mas o estágio em que se encontram já é suficiente para, mais que sonhar, partir para executar.

Primeiramente, temos as tecnologias viabilizadoras das aeronaves eVTOL. As principais são:

- ▶ Baterias de alto desempenho (ainda em desenvolvimento);
- ▶ Motores elétricos de alta densidade de potência;
- ▶ Materiais mais leves;
- ▶ Propulsão distribuída;
- ▶ e tecnologias de projeto, como modelagem digital e ferramentas de simulação.



**Figura 5** - Tecnologias viabilizadoras – Propulsão elétrica distribuída

Crédito: Kirsten Bartok – AirFinance/ *Future of AAM* – NASA Supply Chain Working Group Sep 2020

As baterias, atualmente, já viabilizam que essas aeronaves possam ser totalmente elétricas, dispensando o uso de combustível fóssil, mas ainda restringem o alcance delas. São o principal fator limitante para o alcance dos eVTOL; não somente pela capacidade de carga elétrica e potência, mas devido ao seu peso.

Daí a importância de materiais mais leves na fabricação da aeronave, materiais compostos a base de fibra de carbono, por exemplo.

Os motores elétricos também são relativamente leves e pequenos, o que permite a adoção da propulsão distribuída, ou seja, diversos motores elétricos, pequenos, mais silenciosos distribuídos pela estrutura da aeronave.

A densidade de potência desses motores é definida pela potência fornecida dividida pelo seu peso, ou seja, são motores leves que fornecem, proporcionalmente, grande potência; importante nas fases de voo vertical.

Mas não basta viabilizar a existência dessas aeronaves. É preciso viabilizar seu tráfego intenso e seguro por sobre grandes cidades, visto que é para esses casos de uso que se mostram viáveis economicamente.



**Figura 6** - Tecnologias viabilizadoras – Redes de comunicação 5G

Para viabilizar o tráfego urbano quando houver grande número de eVTOLs em operação, será preciso intercomunicação de dados entre as aeronaves, além de outra sistemática de controle de tráfego aéreo, ainda em desenvolvimento, que não se baseia mais em controladores de tráfego controlando individualmente cada aeronave. São previstos serviços terceirizados de controle de tráfego. A comunicação 5G (e, possivelmente, a 6G) possibilitará interoperabilidade e cooperação entre aeronaves, comunicação de dados e imagens entre aeronaves e centros de controle, e complementa o posicionamento geográfico quando falha o GPS em zonas mortas entre prédios.

#### AUTONOMY



**Autonomy reduces costs and improves reliability and safety in high-density environments**

Key Enablers:

- Artificial Intelligence (AI)
- Advanced sensors
- High-bandwidth connectivity

E finalmente, mais para o futuro, estão em desenvolvimento também tecnologias para voo autônomo – baseado em inteligência artificial –, que possibilitaria aeronaves sem pilotos, inicialmente transportando carga e, gradualmente, passando

**Figura 7** - Tecnologias viabilizadoras – Autonomia

Crédito: Kirsten Bartok - AirFinance/ Future of AAM - NASA Supply Chain Working Group Sep 2020



a transportar pessoas, à medida que amadurece e ganha aceitação pública. O desenvolvimento da autonomia nas aeronaves (não só de AAM), está previsto, em linhas gerais, passar por fases graduais de:

- ▶ Operação humana auxiliada por máquina;
- ▶ Colaboração entre piloto e máquina;
- ▶ Operação autônoma com supervisão humana; e finalmente,
- ▶ Operação autônoma.

Essas fases devem ser atingidas mais rapidamente para cargueiros do que para passageiros.

Todas essas tecnologias, principalmente a propulsão elétrica distribuída, também viabilizaram os projetos de aeronaves eSTOL; mas com uma importante tecnologia adicional. A sustentação aumentada (*blown lift, or augmented lift*).

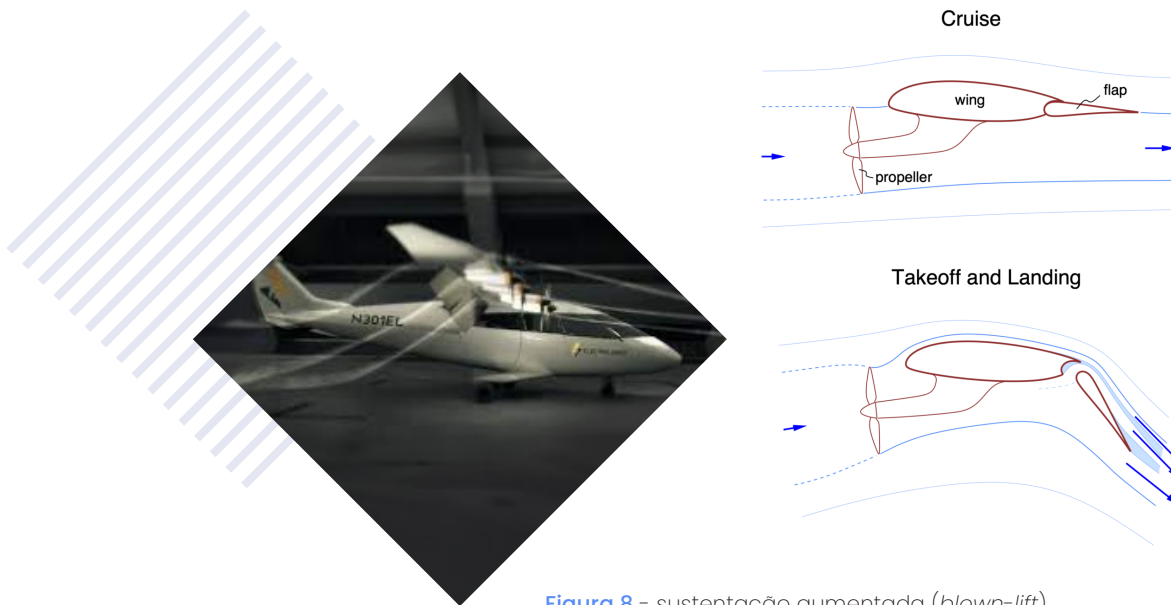


Figura 8 - sustentação aumentada (*blown-lift*)

Segue uma breve descrição (um pouco técnica) dessa tecnologia<sup>7</sup>: “o ar é soprado sobre a superfície superior da asa e do *flap*, energizando a camada limite e permitindo ao fluxo de ar permanecer aderente, mesmo em ângulos de ataque maiores”. Ou seja, em termos simples, como a sustentação numa asa se dá pelo fato de que a velocidade do ar que passa por cima da asa é maior que a velocidade do ar que passa por baixo, a sustentação aumentada (ou “soprada”, literalmente), força um fluxo de ar maior e mais rápido por sobre a asa e o *flap*, aumentando a sustentação em velocidades baixas para a aeronave, o que permite a decolagem num trajeto bem mais curto.

7 [Blown flaps in High-lift device](#)

Até o momento, o uso de um motor em cada asa não permitia uso eficiente dessa tecnologia apesar de inúmeros projetos nesse sentido, alguns bem sucedidos na área militar. No entanto, com a distribuição de vários propulsores ao longo da asa, essa passou a ser uma opção de projeto viável. Daí o projeto característico das aeronaves eSTOL, com diversos propulsores nas asas.

Uma outra tecnologia elétrica é baseada em hidrogênio. Para as aeronaves eCTOL, de uso mais regional, a partir de 9 passageiros, há projetos em andamento de converter a propulsão de aviões existentes para motores elétricos, mas não baseados em bateria, e sim em célula a combustível.

Para entender a célula a combustível, primeiro temos que entender o que é uma célula eletroquímica: é um dispositivo que é capaz de gerar energia elétrica a partir de reações químicas. Pois bem, sem entrar nos detalhes químicos, uma célula a combustível<sup>B</sup> é uma célula eletroquímica que converte a energia química de um combustível (geralmente o hidrogênio) e do oxigênio em eletricidade por meio de reações químicas específicas (chamadas de reações de redox). São diferentes das baterias no sentido em que requerem uma fonte contínua de combustível e de oxigênio (geralmente do ar) para manter a reação química, enquanto na bateria, a energia química vem das substâncias presentes internamente a ela, que armazenam energia química durante a carga.

Na Figura 9, o esquema mostra que o hidrogênio é suprido por um tanque na asa. Já o oxigênio provém do ar. O resultado da reação é eletricidade e vapor d'água, devolvido à atmosfera.

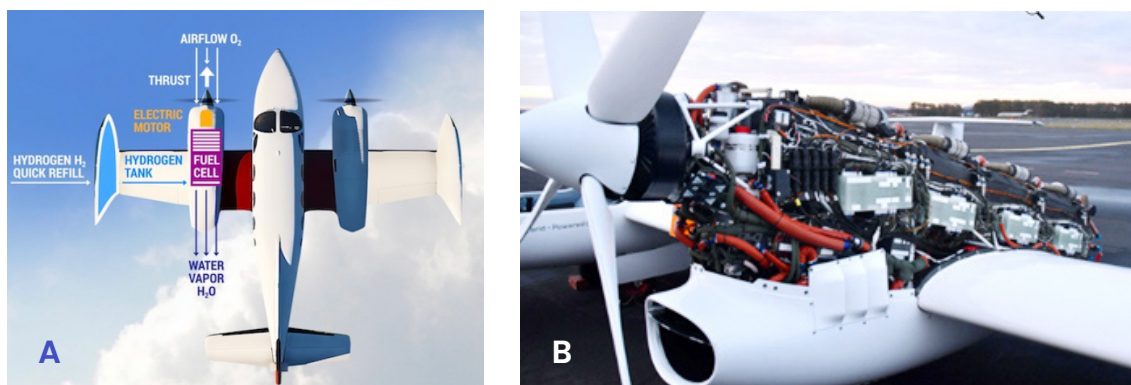


Figura 9 – (a) esquema de um avião a célula a combustível / (b) Motor a célula a combustível da Zeroavia

Existem ainda em desenvolvimento diversas soluções híbridas, compondo a propulsão a partir de uma combinação de células a combustível, baterias, combustível fóssil ou biocombustível, e motores elétricos ou a turbina; e inclusive geradores movidos por turbinas a combustível fóssil. Algumas delas são direcionadas para aeronaves de maior porte. Uma visão interessante é a da Figura 10, sobre a aplicabilidade dessas

8 [Fuel cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell) – “https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel\_cell”

diversas soluções de propulsão. São dados de 2019, do programa de pesquisa europeu *Clean Aviation*.

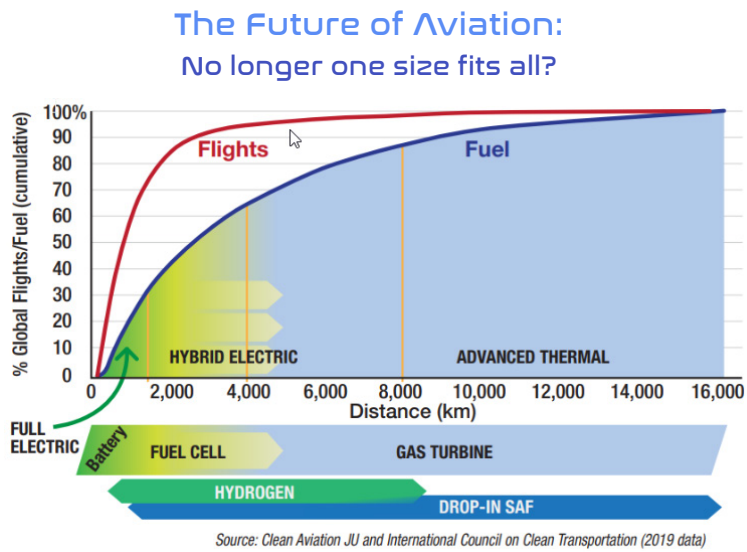


Figura 10 – Uso de eletricidade, hidrogênio e combustíveis sustentáveis em função do alcance

## 2.2 VISÃO GERAL DO SETOR EMERGENTE DE AAM

A Figura 11 apresenta uma caracterização do chamado ecossistema de AAM.

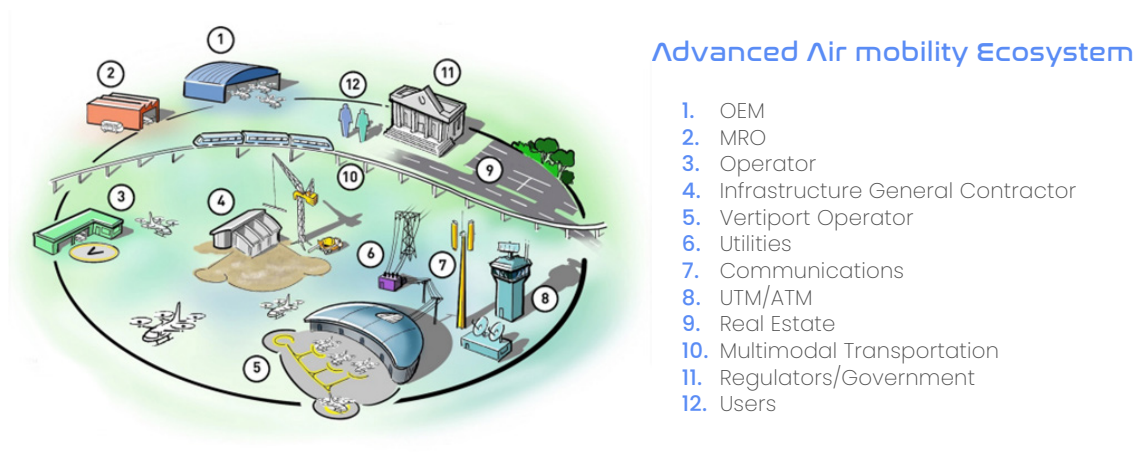


Figura 11 – O ecossistema de AAM, segundo a SMG Consulting.

O setor de AAM na aviação, propriamente dito, seria composto pelos participantes de 1 a 6 na lista a seguir (que contém os mesmos elementos da Figura 11), enquanto o chamado ecossistema inclui interessados cujas atividades não são atividades de aviação em si, mas participam, seja contribuindo ou influenciando o setor.



1. Fabricantes (OEM)
2. Organizações de Manutenção (MRO)
2. Operadores Aéreos
4. Operadores de Vertiportos
5. Transporte Multimodal
6. UTM/ATM
7. Comunicações
8. Serviços de Utilidade Pública (eletricidade)
9. Governos e Agências Reguladoras
10. Usuários
11. Construtoras
12. Mercado Imobiliário



Cabem aqui alguns comentários sobre alguns desses componentes. O transporte multimodal entra no ecossistema com a possibilidade de construção de vertiportos no topo de estações de metrô ou de trem, por exemplo.

O setor de comunicações é vital para AAM, haja vista o papel das redes 5G já mencionado.

As concessionárias de eletricidade são um componente crítico para a infraestrutura necessária, e podem precisar incrementar redes e geração para suprir o aumento de demanda tanto pelos carros elétricos quanto pelo setor de AAM.

Os governos, seja federal, estadual ou municipal, têm um papel crucial na viabilização e fomento do setor, em termos de políticas e legislação.

As construtoras e o mercado imobiliário terão que se preocupar com a escolha de locais para vertiportos, zoneamento urbano e de ruído, e com a futura legislação municipal associada. Portanto, elas acrescentam vertiportos ao sistema, sendo, por sua vez, restringidas pelas políticas e legislação aplicáveis.

Finalmente, um participante que não aparece, mas com certeza influencia muitíssimo o ecossistema, são os investidores.



## 2.3 EXPECTATIVAS INFLACIONADAS E OS DESAFIOS DA REALIDADE

Quase tudo o que se vê sobre AAM são notícias muito otimistas. Assim, para dar um contrapeso mais realista a isso, nesta seção abordaremos a questão das expectativas elevadas e as compararemos com os desafios que se pode vislumbrar neste setor emergente. Por que quase todas as notícias sobre AAM são tão animadoras? Veremos que isso é muito comum com novas tecnologias.

### 2.3.1 Hype, hype cycle e maturidade

O setor de AAM é muito promissor. Até 2018, surgiram centenas de projetos e conceitos diferentes, como vemos na Figura 12.

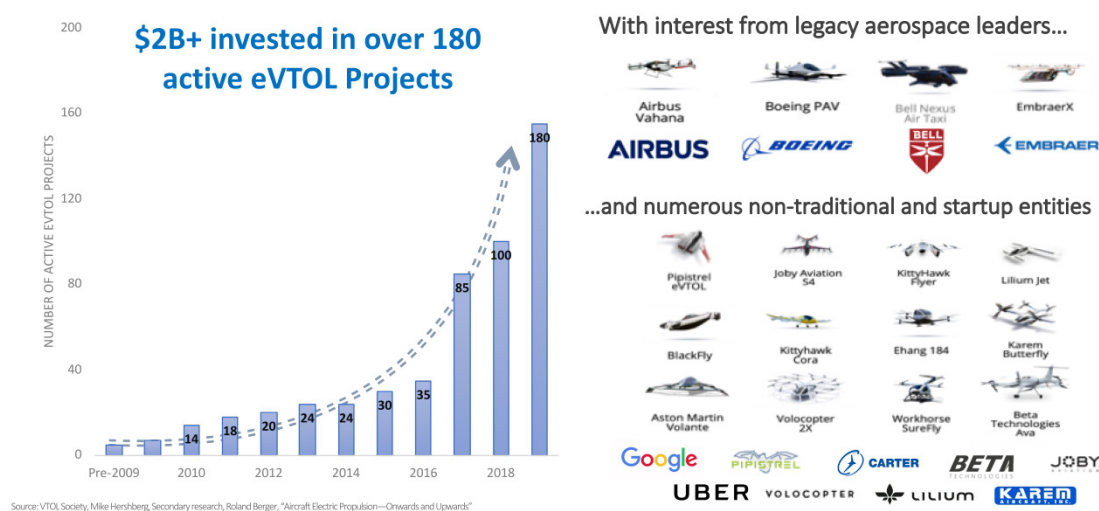
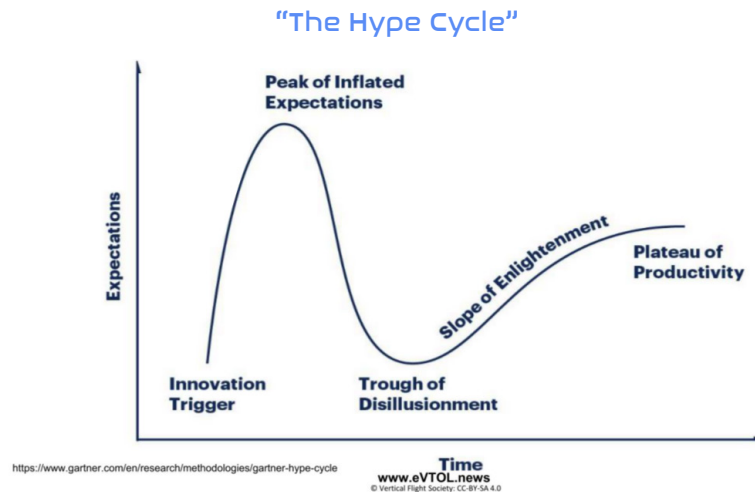


Figura 12 - Proliferação dos Projetos de eVTOL

Mas também há muito de exagero de expectativas. O termo *hype*, em inglês, significa publicidade extravagante ou exagerada. Acontece com quase toda tecnologia nova. Isso foi divulgado pela consultoria Gartner Group há muitos anos, na área de informática. Desde então, verificou-se que ocorre com tecnologias em qualquer área. O Gartner Group observou que, quando surge uma tecnologia nova, geralmente ela segue um ciclo de expectativas conforme a Figura 13. Inicialmente um exagero de expectativas, depois vem o vale da desilusão, e a partir daí, segue um crescente de expectativas mais realistas até que se atinge um platô, quando a tecnologia já amadureceu e espera-se dela resultados conhecidos.



**Figura 13** – Hype Cycle. Fonte: Vertical Flight Society

Com as aeronaves eVTOL não é diferente. Atingimos o pico de expectativas por volta de 2020 e, a partir de 2021 começamos a ver notícias mais realistas, entrando no vale da desilusão (Figura 14), quando as estimativas de tamanho de mercado começaram a ser revistas, e os desafios ligados a operação e certificação – tanto da aeronave quanto da operadora aérea – começaram a ser percebidos pelas *startups*, novatas na aviação certificada.

“

Entering the era of peak uncertainty for the eVTOLs

**Brian Garrett-Glaser**

23 de fevereiro de 2021

Despite the hype, early eVTOL operations will be more evolutionary than revolutionary

**Charles Alcock**

7 de abril de 2021

Morgan Stanley downgrades early estimates of Urban Air Mobility market size.

**Charles Alcock**

12 de maio de 2021

New electric aircraft operators face part 135 certification challenges

**Gregory Polek**

14 de abril de 2022

**Figura 14** – Início do realismo, 2021-2022

”





Muito do exagero provém dessa tendência natural de entusiasmo, mas também da necessidade de atrair investimentos. As projeções mostram grande número de aeronaves vendidas e operando em pouco tempo – já em 2024-25–, com baixo custo de aquisição e de operação, para serem rentáveis, de acordo com as proposições de negócios das *startups*. Mesmo as projeções de algumas consultorias de renome (\*) pareciam muito otimistas.

Seguem os links para os artigos da figura:

- ▶ [Entering the era of peak uncertainty for eVTOLs](#)
- ▶ [Despite the Hype, Early eVTOL Operations Will Be More Evolutionary Than Revolutionary](#)
- ▶ [Morgan Stanley Downgrades Early Estimates of Urban Air Mobility Market Size \(\\*\)](#)
- ▶ [Advanced Air Mobility Start-ups Face Part 135 Operator Approval Challenges](#)
- ▶ [Airbus promises to be ‘voice of reason’ in face of eVTOL hype](#)

Não queremos afirmar que as empresas novatas simplesmente mentiam em suas projeções, até porque não podem, por lei. É difícil para qualquer ser humano não ceder às expectativas quando se faz projeções futuras. Há muita margem para estimar os múltiplos fatores intervenientes e acaba-se por se conduzir, inconscientemente, os resultados das projeções. Essa tendência inconsciente é bem explorada em obras como *“The Art of Thinking Clearly”*, de Rolf Dobelli, e *“Thinking Fast and Slow”*, de Daniel Kahneman, e ocorre até mesmo no meio científico.

Uma visão um pouco mais sóbria de projeção parece ser a da Porsche Consulting<sup>9</sup>. O estudo, focado no caso de táxi-aéreo urbano, é de 2021, e prevê o desenvolvimento do setor em duas fases. Fase 1, iniciando em torno de 2025, e fase 2 em torno de 2035. Aborda também aspectos de serviços e de infraestrutura para o setor. A Figura 15 ilustra suas projeções.

A fase 1 teria os primeiros eVTOL comerciais, nas primeiras rotas, usando infraestrutura existente como heliportos, com baixos volumes de aeronaves e voos, para um mercado de luxo. A fase 2 seria um mercado de massa, com grandes volumes, que reflete os casos de uso e estimativas de mercado.

---

9 *“The Economics of Vertical Mobility – A guide for investors, players, and lawmakers to succeed in urban air mobility”*; Porsche Consulting, 2021

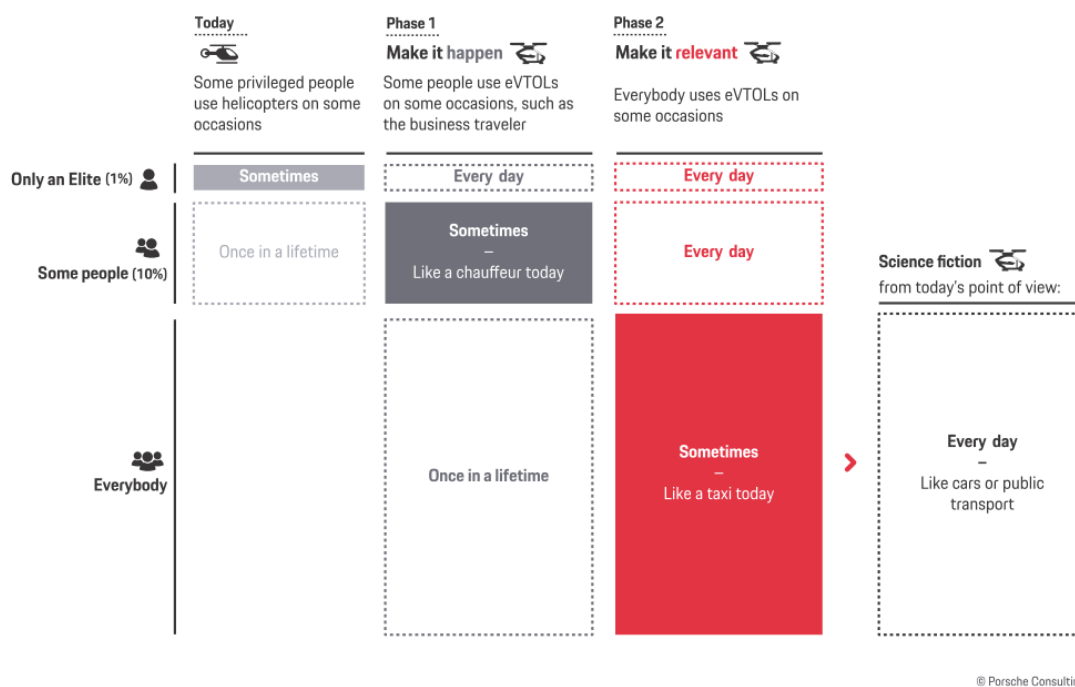


Figura 15 - Evolução de táxi-aéreo eVTOL segundo a Porsche Consulting

A seguir, elaboraremos brevemente a respeito das várias frentes em que ocorrem os desafios da realidade.

### 2.3.2 Desafios do desenvolvimento e certificação

A certificação do projeto da aeronave, por si só, é muito cara e exigente. Há a necessidade de investimentos maciços nas startups, apenas para certificar<sup>10</sup> o projeto. O trecho a seguir descreve bem a situação.

*"Lilium's Chief Program Officer Yves Yemsi, who formerly led the quality team for the highly successful A350 at Airbus, on what certification is all about... One key thing people need to understand, says Yemsi, is that type certification of a particular aircraft design is only one piece of the puzzle here. Entire departments of your company need to be brought up to aerospace industry standards and certified in their own right. You have to realize that you're not only developing the aircraft, ... You're transforming the company from a disruptive startup into an established, normal aerospace company. ... The air authorities will not lower their standard. It is the industry which will have to learn how to deal with aerospace. There will be no exemptions. You will have to meet the rigor in production and design."*

Além disso, são necessários conhecimento e familiaridade específicos com o processo –em si– de certificação, com o que até empresas menores de aviação tradicional

<sup>10</sup> [Lilium's CPO on expensive certification](#)

têm dificuldades, assim como as empresas novatas de eVTOL. Tanto que algumas delas contrataram consultorias para guiá-las no processo.

As empresas mundiais de eVTOL buscam certificar suas aeronaves principalmente com EASA e FAA, visando a facilitar sua disseminação mundial, visto serem autoridades reconhecidas pelas demais autoridades de aviação civil no mundo. No entanto, houve em 2022 um evento significativo para a certificação de tipo, que introduziu novo desafio. A FAA, que já havia iniciado processos com Joby e Archer para certificar os eVTOLs como aeronaves Part 23, considerando-as de asa fixa com capacidade VTOL, alterou a abordagem para tratar eVTOLs (exceto multirrotores) como aeronaves *powered-lift*, sob o requisito para classe especial Part 21.17(b). Não sem impactos; por exemplo, gerou um atraso de 2 anos na base de certificação da Joby Aviation<sup>11</sup>.

Em termos de status atual, no momento (mar/2023), exceto o VoloCity da Volocopter, as desenvolvedoras de eVTOL só têm demonstradores; não têm ainda pronto nenhum “protótipo conforme”, i.e., em conformidade estrita com o projeto de tipo, de modo que possam realizar ensaios em voo para efeito de certificação de tipo. Espera-se que alguns protótipos conformes de outras empresas fiquem prontos este ano.

Ainda sobre certificação, com a abordagem de negócios verticalizada de algumas dessas empresas, que pretendem também operar a frota, há o desafio de se certificarem como operadores aéreos<sup>12</sup>.

Antes dos desafios para certificação do projeto, as aeronaves eVTOL enfrentam diversos desafios técnicos já durante o desenvolvimento. Numa aeronave tradicional, normalmente os itens de tecnologia nova merecem uma atenção especial na certificação. Os eVTOLs apresentam várias novidades: baterias, propulsão elétrica, múltiplos rotores no mesmo plano, rotores basculantes, para citar alguns; o que os torna um gênero de aeronave totalmente novo. Outra novidade é a pilotagem com apenas um piloto, que traz desafios para o projeto e sua certificação também. Para a autoridade certificadora, a novidade e o grande desafio é estabelecer um conjunto de requisitos a serem demonstrados, bem como os meios de cumprimento com tais requisitos.

As baterias ainda são limitantes, tanto devido à capacidade quanto ao seu peso elevado. O peso das baterias impõe um material muito leve para a estrutura e ainda limita a carga paga. Mas entende-se que o uso de baterias e propulsão elétrica têm o apelo de mercado do baixo ruído e energia limpa, necessários para vender os grandes números projetados e para atrair investimentos.

E há ainda a situação de rajadas de vento no entorno de edifícios, situação inédita e pouco estudada<sup>13</sup>, visto que o projeto e a dinâmica de voo do eVTOL são diferentes das de um helicóptero.

11 [AAM Leaders Grapple With Traditional Aerospace Issues](#)

12 [Advanced Air Mobility Start-ups Face Part 135 Operator Approval Challenges](#)

13 [Wind Gusts Around City Buildings Could Threaten Small Aircraft](#)



Outro importante desafio é a estrutura da aeronave. Devido ao peso elevado das baterias necessárias ao eVTOL, todos os fabricantes são pressionados a minimizar a massa de todos os componentes, não só a estrutura. E o conceito de propulsão com diversos rotores suspensos em vigas também conduz ao uso de material leve e resistente. Requer as estruturas mais leves possíveis na aviação. E esse material e estruturas deverão ser certificados quanto a projeto e métodos de produção até 2025 (para os que pretendem operar em 2025-26, como Joby, Beta, Acher e Volocopter).

Com tantas novidades tecnológicas no projeto de um eVTOL –cada uma implicando mais tempo no processo de certificação– será que as conversões de aeronaves convencionais para elétricas, transformando-as em eCTOL, e mesmo os projetos novos de eCTOL (Figura 3), não teriam mais chances de entrar em serviço mais cedo que os eVTOLs? É uma hipótese bem mais plausível. Tanto que um artigo recente<sup>14</sup>, com um título bastante apropriado, questiona os prazos para entrada em serviço dos eVTOLs, afirmando que as barreiras técnicas e regulatórias podem retardar esses prazos mais para o final da década, de modo que as alternativas eCTOL, mais viáveis, entrariam em serviço primeiro. Ele exemplifica com a tão anunciada versão eCTOL da empresa Beta Technologies – chamada de CX300 –, de seu eVTOL Alia S250. Já voou milhares de quilômetros com essa versão e agora afirma ser mais realista começar por ela. Mesmo Eviation e Heart Aerospace, que projetam eCTOLs novos, anunciam entrada em serviço para 2027-2028.

---

14 [The runway for futuristic electric planes is still a long one](#)



### 2.3.3 Desafios de produção

Com a certificação do projeto ainda por fazer, são poucas as informações disponíveis publicamente a respeito da produção das aeronaves eVTOL; apenas estimativas e projeções de mercado e volumes futuros.

No entanto, se destacam dois artigos de dezembro passado, da empresa analista *Leeham News and Analysis*. Como seu negócio é fornecer análises imparciais e verificáveis, não sendo financiada por empresas do setor aéreo, suas análises do setor de aviação como um todo são consideradas confiáveis. O que indicam sobre o setor de AAM, particularmente quanto a volumes e custos de produção, contrasta fortemente com as afirmações das empresas novatas.

Primeiramente quanto aos volumes<sup>15</sup> de produção projetados, que precisam condizer com as projeções de alta demanda para garantir viabilidade ao negócio, a *Leeham* considera as rampas de produção esperadas como irrealis; assim como a maneira com que pretendem alcançá-las.

Várias das *startups* de eVTOL afirmam que usarão práticas da indústria automotiva para alcançar os altos volumes desejados já no primeiro ano, com volumes de produção nunca vistos na indústria aeronáutica. Ocorre que essa produção, bem como os produtos de sua cadeia de suprimentos, terá que passar pela certificação correspondente, ou seja do projeto de tipo da aeronave, dos produtos aeronáuticos que a compõem, e da sua produção; e fornecedores automotivos não têm métodos e padrões aeronáuticos. Como exemplo, seja um caixão de asa em material composto. O artigo cita que, em apresentações a investidores, são projetadas quantidades como 80 no primeiro ano, 300 no segundo, 600 no terceiro e 1000 no quarto ano. Ora, para uma peça de estrutura primária em compostos, complexa e demorada como essa, nunca se viu uma rampa de produção assim. Para comparação, em uma aeronave de estrutura metálica, mais simples, é dado o exemplo de produção por uma empresa experiente, de aeronaves Part 23, em que a rampa de produção foi: 2016: 3, 2017: 22, 2018: 63 e 2019: 81. Isso com 600 pedidos em carteira e uma fábrica com 750 pessoas. O artigo afirma ainda que o discurso dos fabricantes de eVTOL que não precisam recorrer a investidores, como Airbus e Boeing/Wisk, é bem mais realista e considera que não se sabe qual o tamanho que o mercado terá e quão rapidamente crescerá.

Essa visão é condizente com experiência da ANAC com organizações de produção de aeronaves, notadamente com a Embraer.

Já quanto aos custos<sup>16</sup> de produção, afirma que frequentemente novos projetos de aeronaves subestimam os altos custos iniciais, efeito da curva de aprendizado no custo da produção. O custo inicial de produção de uma aeronave é várias vezes maior do que o custo do produto maduro. Vai declinando com o tempo, à medida que se aprende, e a maturidade aumenta. Esse nível de maturidade é esperado, na indústria

15 [Bjorn's Corner: Sustainable Air Transport. Part 50. eVTOL production volumes](#)

16 [Bjorn's Corner: Sustainable Air Transport. Part 49. eVTOL production costs](#)

aeronáutica, ser atingido por volta do número de série 500. O custo extra é chamado de custo da curva de aprendizado, e causa perdas significativas desde a produção inicial até a maturidade. Como exemplo, cita para o Boeing 787 (aeronave tradicional, empresa experiente, e que não depende de investimento externo) que a aeronave teria custo de produção madura de cerca de 100 milhões de dólares. A Boeing teria publicado em seus resultados que a perda acumulada até a unidade 400 foi de 300 bilhões de dólares. Ou seja, distribuindo pelas 400 unidades, uma perda média de \$750 milhões por aeronave até a unidade 400. E a partir daí, as perdas caem gradualmente com as vendas de mais aeronaves.

É assustador, mas o artigo afirma que desde os anos 1950s, o número de **startups** na aviação que faliram durante a produção seriada inicial é da ordem de centenas. E que as empresas de eVTOL projetam custos de produção de cerca de um a dois terços do que a analista considera plausível.

Então, parece que podemos esperar um certo número de falências e aquisições e consolidação desse setor nos próximos anos, com as novatas mais otimistas sendo absorvidas por empresas como Airbus, Boeing e Embraer.

### 2.3.4 Desafios de infraestrutura

A infraestrutura para AAM é um dos maiores desafios, talvez o maior, para o setor. Num recente simpósio promovido pela Vertical Flight Society<sup>17</sup>, especialistas presentes indicaram diversos obstáculos para as operações de AAM, incluindo a necessidade de quantidades maciças de capital para infraestrutura de AAM. O que é improvável que seja provido pelo setor público (visão dos EUA). São necessárias estimativas confiáveis de demanda nos estados e metrópoles, para que os governos locais se disponham a investir em algo que possa trazer aumento de PIB e de impostos para o estado ou município. Mais sobre isso é tratado abaixo, sobre investimentos.

Havia uma ideia, em 2020-21, de que se poderia rapidamente adaptar heliportos e helipontos, mas isso já se mostrou inadequado. Os helipontos atuais estão em locais onde não criam perturbação pelo ruído emitido. E a proposta de AAM é justamente de baixo ruído e vertiportos em grande número, próximos às pessoas. Portanto, terão que ser construídos em locais a serem obtidos. Além disso, no Brasil, todos os heliportos cadastrados na ANAC são de uso privativo (com exceção de um, no Farol de São Tomé). Assim, há que se considerar a necessidade de um arranjo com o proprietário para o processamento de passageiros de eVTOL que forem usar aquela infraestrutura, além de questões de compatibilização da “sinalização horizontal”, ou seja, marcação e pintura de sinais no piso do heliponto.

Outro desafio é o tempo. Do investimento inicial até se ter a infraestrutura funcionando em um dado mercado, segundo esse simpósio, leva ao menos 5 anos. Há estudos a serem feitos, que demandam tempo e dinheiro. Por exemplo, uma das infraestruturas

17 [Infrastructure Could Be Advanced Air Mobility's Greatest Challenge, Say Experts](#)



centrais ao setor é a de energia elétrica. Apenas o estudo de viabilidade para uma estação de um megawatt, e seu suprimento de energia, varia de dezenas a centenas de milhares de dólares nos EUA. Há ainda estudos de zoneamento e permissões a serem obtidas, que demandam mais tempo. Sobre as dificuldades de suprimento de energia para os novos vertiportos, um artigo esclarecedor<sup>18</sup> com mais informações se encontra nas notas.

Outro aspecto, ressaltado pela GAMA<sup>19</sup> (*General Aviation Manufacturers Association*), é que os primeiros vertiportos precisarão estar prontos já em 2025, mas projetados visando alta frequência de operações no futuro, ainda que inicialmente a cadência seja baixa. Destacam ainda que as estações de carregamento elétrico são um elemento crítico para as operações, sendo necessário defini-las e padronizá-las tecnicamente. Um vertiporto precisará ainda ter instalações e procedimentos de testes de baterias e, também, planos e serviço de combate a incêndio, dentre outras necessidades.

Há várias questões ainda não respondidas. Por exemplo, com relação ao carregamento de baterias, uma possibilidade seria a disponibilização de “vertistops” situados em centros urbanos para atender ao embarque e desembarque de passageiros de forma mais rápida, sem carregamento de baterias. Os vertiportos, com infraestrutura para carregamento de bateria e manutenção, precisariam inicialmente estar mais afastados, pelas características físicas que demandam e por serem incompatíveis com a infraestrutura que temos para heliportos hoje.

18 [As Airports Rush To Electrify, Important Questions Remain Unanswered, And Unasked](#)

19 [GAMA urges focus on day-to-day eVTOL infrastructure and maintenance](#)

Um outro aspecto a responder é a questão de segurança contra atos ilícitos, conhecida como a inspeção de passageiros. A operação de eVTOL no contexto da mobilidade aérea urbana está baseada no conceito de fluidez, mas há que se definir requisitos mínimos de segurança quando do processamento e transporte de passageiros. Algumas questões precisam ser amadurecidas: haverá pórtico e vistoria de passageiros? É possível entrar com uma faca ou um martelo a bordo? Essa vistoria irá atrasar o embarque e inviabilizar um processamento ágil? E mais: as operações autônomas que se vislumbram para o futuro são seguras em termos de proteção contra atos de interferência ilícita? Porque o comandante hoje não tem o papel apenas de pilotar a aeronave; ele é também a autoridade naquela aeronave e tem a função de conter eventuais conflitos a bordo. Como adequar as regras para voo sem piloto?

Esses aspectos ligados a vertiportos e infraestrutura mais geral, considerados em conjunto, se mostram um desafio considerável, desde definir as normas aplicáveis a implementá-los de acordo em tempo tão curto.

Já se apresentam diversas iniciativas de vertiportos, ou redes de vertiportos pelo mundo. Por exemplo na Austrália, em Dubai, no Reino Unido, Alemanha, Singapura, EUA, Japão, dentre outros.

### 2.3.5 Desafios de custos de operação

A mesma empresa analista *Leeham News and Analysis* também critica as projeções de custos de operação de eVTOL<sup>20</sup>. Ela tem um método e modelo de análise de desempenho de aeronaves usado e aperfeiçoado há décadas e, analisando um voo típico de eVTOL, conclui que os maiores custos não são os que as empresas de eVTOL consideram, como o de energia elétrica.

Os fatores de custo são energia, renovação de baterias, piloto, manutenção, taxas aeroportuárias e de navegação aérea e custo de capital. Sua conclusão é que o custo da energia na operação é muito pequeno, e que os maiores custos são renovação de baterias, taxas e piloto.

Chama atenção especial para os custos de renovação de baterias. Se baseia em dados dos fabricantes de baterias automotivas, que produzem 5 bilhões de células por ano. Mas as baterias aeronáuticas serão especiais, otimizadas para maior potência, e serão consumidas menos de 0,1% do que a quantidade das automotivas. Ou seja, faz sentido que sejam componentes de custo elevados do ponto de vista de operação.

---

20 [Bjorn's Corner: Sustainable Air Transport. Part 44. eVTOL operating costs.](#)



## 2.3.6 Desafios relativos a investimentos

Os investimentos nesse setor emergente têm sido gigantescos. E quase todas as notícias, desde 2017-18, são promissoras, o que as fazia um pouco intrigantes. Faz-nos questionar se nesse setor emergente tudo seria tão positivo assim: bons projetos, boas perspectivas de demanda e mercado, muito dinheiro disponível no mundo para investir. Era sabido que se tratava de empresas sem experiência aeronáutica. Podem ter projetos muito bons e criativos, do ponto de vista de engenharia; no entanto, pode haver características que não atendam a requisitos de certificação, o que as levaria a reprojeto.

Grande parte desse investimento vinha sendo feito por meio de aquisições por empresas do tipo SPAC (*Special Purpose Acquisition Company*). Várias das empresas de eVTOL se capitalizaram sendo adquiridas por empresas como essas. A ideia é que uma SPAC é uma empresa de capital aberto – listada em bolsa de valores – e tem o propósito de adquirir empresas privadas – geralmente *startups*, listando-as em bolsa sem que elas passem por um trabalhoso processo de IPO, oferta pública inicial de ações. Elas passam a ser listadas apenas por pertencerem a uma empresa já listada.

Nos anos de 2020 a 2022 foram feitos grandes investimentos dessa forma. Os investimentos em AAM nesses três anos foram, respectivamente, \$3 bi, \$7 bi, \$3 bilhões de dólares. E os \$7 bilhões de 2021 vieram em grande parte das SPACs<sup>21</sup>. Os investimentos desse tipo declinaram desde então. As empresas de eVTOL estão partindo para obtenção de outras formas de financiamento, como pagamentos adiantados da sua carteira de pedidos, para custearem a preparação para operações e produção<sup>22</sup>, visto que várias das empresas novatas pretendem adotar um modelo de negócio verticalizado, ou seja fazerem projeto de tipo, fabricação e operação, como Joby, Archer e Ehang.

Pois bem, já vimos que os desafios ligados a investimento se relacionam com todos os demais, e que os custos para certificar são elevadíssimos. Estima-se poderem chegar a \$ 1 bilhão para um projeto de tipo de eVTOL. A produção irá requerer investimentos adicionais, numa época agora em que o capital investidor está



<sup>21</sup> [Future air mobility: Major developments in 2022 and significant milestones ahead](#) - McKinsey & Co.

em declínio. A SMG Consulting está prevendo que ao menos uma das dez primeiras empresas em seu *ranking* deve ficar sem caixa este ano. Este ano será decisivo para diversas das empresas que estão mais adiantadas<sup>22</sup>.

### 2.3.7 Desafios de tráfego aéreo

Diversos países estão lançando iniciativas de rotas e gerenciamento de tráfego aéreo para drones e eVTOLs, bem como estudos necessários para regulação e implementação, como Canadá<sup>23</sup>, Reino Unido, EUA<sup>24</sup>, Brasil<sup>25</sup>, dentre outros.

Esse é um pilar importante do ecossistema de AAM, sem o qual as operações, a entrada em serviço e, portanto, o início da receita dos negócios, não pode iniciar. No entanto, já estão surgindo alertas sobre os desafios para a implementação tempestiva do controle de tráfego para AAM.

A RTCA, organização normativa da indústria aeronáutica, alerta para o desafio de não repetir a problemática que houve com a rede 5G<sup>26</sup>, recentemente. Como vimos, a tecnologia 5G é uma das bases para a implantação da AAM, viabilizando o novo esquema de controle de tráfego aéreo.

E a *Leeham*, já citada, usando um exemplo de voo para aeroportos, caso de uso dos mais usados, também alerta para os desafios do gerenciamento de tráfego aéreo, notadamente a abordagem sempre cautelosa dos entes reguladores ao implementar modificações nas regras, de modo a não causar acidentes<sup>27</sup>, o que pode levar mais tempo do que esperam as empresas novatas.

Finalizando esta seção sobre o contexto de AAM, vemos que há desafios em todas as frentes, como seria de se esperar em um setor totalmente novo como esse, em que se procura, com boas razões, acelerar ao máximo os acontecimentos. Este ano de 2023 será um ano decisivo para muitas empresas das que têm a estratégia de serem as primeiras no mercado. Poderemos ver adiamentos de metas, falências, aquisições, e reajustes de expectativas. Algumas, como Boeing/Wisk, Embraer e Airbus, que têm larga experiência aeronáutica, além de outros negócios consolidados para manter seu fluxo de caixa, tendem a estar menos sujeitas a tais dificuldades.

Passaremos agora a uma parte desse documento que é menos descritiva, e mais voltada para o direcionamento de ações estruturantes para as funções de AAM na ANAC.

---

22 [A milestone year for the eVTOL sector.](#)

23 [Work Starts on Canada's Air Traffic Management Network for Advanced Air Mobility](#)

24 [Overview of NASA's Extensible Traffic Management \(xTM\) Research](#)

25 [Cooperação liderada pela Eve publica Conceito de Operações de mobilidade aérea urbana do Rio de Janeiro](#)

26 [5G Implementation Debacle Poses Important Lessons For Advanced Air Mobility Flight Operations](#)

27 [Bjorn's Corner: Sustainable Air Transport. Part 47. eVTOL traffic](#)



## 3 ÁREAS DE REGULAÇÃO IMPACTADAS

A regulação da aviação é baseada em três atividades fundamentais: normatização (ou regulamentação), certificação e fiscalização; sempre visando acima de tudo a segurança. Em linhas gerais, a normatização estabelece as regras, os regulamentos, que os atores da aviação civil devem seguir; a certificação estabelece que somente atores devidamente qualificados possam atuar na aviação; e a fiscalização verifica se esses atores estão agindo de acordo com as normas.

Naturalmente, o surgimento desse novo setor impacta praticamente todas as áreas da regulação da aviação civil; notadamente a regulação de aeronaves, de infraestrutura da aviação, operações aéreas, manutenção, pessoal da aviação civil e o espaço aéreo.

A regulação de aeronaves envolve desde o projeto da aeronave, cada aeronave, sua produção, oficina de manutenção, mecânicos aeronáuticos, até as peças aeronáuticas. Isso significa que projeto, aeronave, a fabricação, oficinas, mecânicos e peças têm regulamentos aplicáveis, precisam ser certificados (ou autorizados, conforme o caso) e são fiscalizados.

Já a regulação da infraestrutura inclui essencialmente os aeródromos e aeroportos, e seus operadores (empresas ou pessoas que os operam); e ainda a segurança contra atos ilícitos que afetem as operações aéreas.

A regulação de operações aéreas envolve basicamente os operadores aéreos, a execução das operações aéreas e o transporte de artigos perigosos.

A regulação de pessoal da aviação inclui tripulantes e pilotos, escolas de aviação, simuladores de voo para instrução, exames médicos para tripulantes.

E por fim, a regulação do espaço aéreo envolve o acesso ao espaço aéreo, controle do tráfego, meteorologia, procedimentos de voo, informações aeronáuticas para planejamento de voo, e comunicação aeronáutica, dentre outros.

No Brasil, a regulação do espaço aéreo fica a cargo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo, órgão do Comando da Aeronáutica, e a regulação dos demais aspectos citados fica a cargo da ANAC.

Passaremos a seguir a indicar ações, sejam as já em andamento, sejam ações futuras possíveis ou prováveis, relativas principalmente à certificação de aeronaves.

# 4 AÇÕES LIGADAS À CERTIFICAÇÃO DE PROJETO

Antes de mais nada, vamos procurar situar onde estamos na evolução desse novo setor da aviação.

O infográfico abaixo mostra as fases típicas do processo de certificação de projeto de uma aeronave, em sua ordem lógica. No Brasil, estamos na fase de definição da Base de Certificação. Simplificadamente, com o Certificado de Tipo emitido, a empresa poderá fabricar as aeronaves que, uma vez vendidas, passarão a operar.

É esperado que a operação de AAM passe por uma evolução que pode ser representada por estágios. À medida que amadurece e cresce em volume e complexidade, teremos cada vez maior tráfego, operações mais complexas, e maior automação, tanto da aeronave quanto do controle de tráfego de AAM.

## Roadmap da Certificação de Projeto às operações futuras







Com relação à certificação do projeto de tipo das aeronaves, já temos em andamento no Brasil as seguintes ações:

- ▶ Processo de certificação de tipo da aeronave EVE-100, da EVE Air Mobility.
  - » O processo se encontra em fase de familiarização e definição da base de certificação<sup>28</sup>;
  - » Trabalha-se, também, para que a base de certificação em definição nesse processo seja aplicável o mais possível a outros futuros projetos de certificação de eVTOL; bem como de validação<sup>29</sup> da certificação de aeronaves eVTOL estrangeiras;
- ▶ Discussões com EVE e Lilium para planejamento da avaliação operacional de suas aeronaves;
- ▶ Considerações sobre a influência dos requisitos operacionais de eVTOL sobre os requisitos de aeronavegabilidade;
- ▶ Atividades de interação com FAA a respeito do pedido de validação do projeto de tipo da aeronave EVE-100 na FAA;
- ▶ Solicitação de validação da certificação de tipo da aeronave eVTOL da Lilium GmbH, a ser certificada pela EASA;
- ▶ Capacitação do pessoal da gerência de certificação de produto nas diversas tecnologias novas envolvidas;
- ▶ Acompanhamento das discussões entre EASA e FAA (*Certification Oversight Board* (COB) eVTOL *Task Force*) para harmonização e convergência de requisitos e meios de cumprimento para certificação de tipo para eVTOL;
- ▶ Estabelecimento de uma abordagem regulatória para eVTOL: já se iniciaram algumas discussões, mas ainda não há um plano ou projeto nesse sentido;
- ▶ Acompanhamento, pela área de inovação, das iniciativas pelo mundo relativas a:
  - » Aeronaves eVTOL, eSTOL e eCTOL e suas tecnologias, inclusive iniciativas ligadas a manufatura e MRO (manutenção, reparos e revisão geral);

28 Base de certificação: lista de requisitos (e posteriormente de meios de cumprimento) que deverá ser cumprida em termos de certificação do projeto da aeronave, para as mais diversas tecnologias.

29 Validação do certificado de tipo: processo de aceitação do certificado de tipo de um país por outros países.

- » Inteligência artificial e operação autônoma na aviação;
- » Células a combustível e hidrogênio na aviação;
- » Controle do espaço aéreo (UTM, U-Space, ATM);
- » Redes de vertiportos;
- » O ecossistema de AAM em geral.

Em relação a ações a fazer, temos as seguintes ações possíveis ou prováveis:

- ▶ Mapear amplamente os cenários operacionais de eVTOL para conhecer sua influência sobre os requisitos operacionais e de aeronavegabilidade;
- ▶ Acompanhamento da certificação de aeronaves ligadas a AAM em outros países, com potencial de mercado no Brasil;
- ▶ Estabelecer interação mais institucionalizada com demais superintendências (SIA, SPO e SPL) para tratar de assuntos ligados a AAM.

Há ainda algumas ações que se pode fazer a mais longo prazo, à medida que comecem a surgir iniciativas regulatórias nesse sentido, como a certificação e auditoria de organizações de produção.







# 5 AÇÕES DE COORDENAÇÃO

## 5.1 COORDENAÇÃO INTERNACIONAL

O principal objetivo atualmente, relativo a AAM, de toda a coordenação internacional entre autoridades aeronáuticas e organismos normativos da indústria é a convergência. A convergência para uma mesma base de certificação é sabido ser praticamente inviável, mas é necessária a maior compatibilidade possível para se evitar barreiras entre países para a certificação de tipo e validação dessas aeronaves, o que dificultaria o desenvolvimento do setor.

Já temos em andamento:

- ▶ Discussões e participação em fóruns com outros organismos internacionais, principalmente EASA e FAA, para harmonização de requisitos e critérios técnicos;
- ▶ CMT – Certification Management Team – Entre ANAC, FAA, EASA e TCCA – para alinhamento de diretrizes de certificação de produto;
- ▶ Desenvolvimento de mecanismos de cooperação técnica (Acordos, Cartas de Intenções, outros) com CAAs parceiras estratégicas em certificação de produtos;
- ▶ Participação em desenvolvimento de normas internacionais de consenso da indústria:
  - » ASTM F37 “*Light Sport Aircraft*” – este grupo está propondo a inclusão de eVTOLs no seu escopo;
  - » ASTM F39 “*Aircraft Systems*” – este comitê está trabalhando em normas para certificação de sistemas de propulsão elétrica e de baterias de lítio;
  - » ASTM F44 “*General Aviation*” – há diversas iniciativas para discutir e elaborar normas sobre eVTOL no âmbito deste comitê, que desenvolve normas de consenso da indústria aceitáveis como meio de cumprimento para projetos que têm o FAR/RBAC 23-64 como base de certificação;
    - ASTM F44-30 “Estruturas” – é um subgrupo de cargas e aeroelasticidade que está em início de elaboração de norma para eVTOL;
  - » Comunidade de Interesse sobre AAM *crashworthiness* (resistência a impactos) coordenada pela FAA com participação de Autoridades de Aviação Civil, representantes da indústria e outras partes interessadas;

- » SAE E-40 “*Electrified Propulsion Committee*” – desenvolve documentos técnicos sobre propulsão elétrica para aeronaves com carga paga até 70kg;
- » SAE G-35 – *Modeling, Simulation, Training for Emerging Aviation Technologies*;
- » SAE G-34 / EUROCAE WG-114 “*Artificial Intelligence in Aviation*” (*Joint International Committee*);
- » EUROCAE WG-112 “*Vertical Take Off and Landing (VTOL)*” – se propõe a desenvolver padrões para os Meios Aceitáveis de Cumprimento de requisitos de aeronavegabilidade para aeronaves VTOL. A ANAC já tem representantes designados para alguns grupos por assunto: SG 2 (*Lift Thrust*), SG-3 (*Safety*), SG-6 (*Avionics*), e SG-8 (*Seats*).

Existe ainda previsão para as seguintes ações.

- ▶ Acordos ou Cartas de intenção com CAAs;
- ▶ Participação em grupos de trabalho e de estudo da OACI – Organização de Aviação Civil Internacional. A ANAC já participa de um grupo de estudos sobre AAM em geral, e grupo de trabalho sobre vertiportos.

## 5.2 COORDENAÇÃO NACIONAL

Possíveis ações no âmbito nacional, seriam:

- ▶ Eventual coordenação ou apoio a governos federal, estaduais ou municipais com relação à sua preparação para UAM e AAM;
- ▶ Participação em grupos das organizações de normas da indústria;
- ▶ Atividades conjuntas com o DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) no desenvolvimento de Conceitos de Operação para AAM e outras atividades relativas a navegação, operação e tráfego aéreo. Já foi realizado um Conceito de Operações para eVTOL no espaço aéreo do Rio de Janeiro, em conjunto com DECEA, EVE, EDP (energia elétrica), Skyports (operador de vertiportos), RioGaleão, dentre outros. Outros estudos com certeza serão necessários para cobrir outros aspectos da operação de AAM;
- ▶ Contratação de estudos para subsidiar ações e decisões relativas a AAM, em fase de definição;
- ▶ Possíveis parcerias com universidades e centros de pesquisa nacionais.



# 6 EIXOS DE COMUNICAÇÃO

Nesta seção apresentamos propostas de eixos de comunicação envolvidos com as atividades acima previstas, com a finalidade de manter comunicação e diálogo com as partes interessadas do ecossistema de AAM.

	Partes Interessadas	Tipos de diálogo	Modo de atuação
1	Comunidade da aviação civil	Divulgação de informações	Campanhas na mídia, Portal ANAC (PCI) Eventos externos (webinars, etc.)
2	DECEA	Compartilhar informações Possíveis atividades conjuntas	Pontos focais Grupos de trabalho, projetos conjuntos
3	ICAO / SAE / ASTM / ABNT...	Fóruns e grupos de trabalho	Participação – presença e prontidão para atuar Monitoração dos debates para antecipar desafios
4	FAA / CAA-UK / EASA	Cooperação e compartilhamento de experiências	MOU, cartas de intenção, acordos
5	Ministério de Portos e Aeroportos	Reportar avanços	Receber demandas e direcionamentos
6	SIA / SPO / SPL	Compartilhar informações Possíveis atividades conjuntas	Pontos focais / comitê Grupos de trabalho, projetos conjuntos
7	Projetistas de aeronaves eVTOL	Condução de projeto de certificação de tipo	Processo já estabelecido para a certificação
8	Fabricantes	Condução de projeto de certificação de organização de produção	Processo já estabelecido para a certificação
	Governos (as 3 esferas)	Possível apoio e esclarecimentos	Reuniões, webinars, etc.
9	Associações da Indústria	Representação institucional	Reuniões para esclarecimentos ou conhecimento de demandas
10	Academia	Estudos, pesquisas, atividades conjuntas	Possíveis contratos ou parcerias

Tabela 1 – Eixos de Comunicação

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento procurou descrever o cenário atual do desenvolvimento da Mobilidade Aérea Avançada (AAM), suas perspectivas e desafios; bem como delinear as ações em andamento e previstas para a Superintendência de Aeronavegabilidade da ANAC.

As perspectivas para a Mobilidade Aérea Avançada são de grande monta. A visão do que se pretende chegar — e certamente será alcançado, uma vez vencidos os naturais desafios — é a de um amplo conjunto de serviço aéreos, progredindo para operar em um ambiente altamente automatizado, com uma multitude de aeronaves, incluindo eVTOL e outras aeronaves não tripuladas, operando em baixa altitude. As operações de AAM serão viabilizadas por uma gama de tecnologias inovadoras na aviação. Essas tecnologias inovadoras incluem novos projetos de aeronaves, tráfego aéreo automatizado, ambientes digitais, comunicações, dentre outras.

As operações devem incluir transporte de passageiros, carga, pacotes, correio, e outros serviços aéreos, como resgate, turismo, combate a incêndio, transporte de órgãos para transplante etc. As possibilidades são inúmeras. Essas operações devem ocorrer em áreas urbanas, regionais e inter-regionais, bem como internacionalmente; com a possibilidade de melhorar a acessibilidade a transporte intermodal e a mobilidade em áreas urbanas e regionais, bem como a qualidade do meio ambiente.

O tamanho da tarefa é gigantesco, e há um esforço mundial nesse sentido. Espera-se termos, na próxima década, a visão corriqueira dessas aeronaves por sobre as grandes cidades.







**ANAC**  
AGÊNCIA NACIONAL  
DE AVIAÇÃO CIVIL



ACOMPANHE A ANAC NAS REDES SOCIAIS



[/oficialanac](#)



[/oficialanac](#)



[/company/oficial-anac](#)



[/oficial\\_anac](#)