



Sandbox regulatório da ANAC abre caminho para os vertiportos

Out/25

O sonho de voar sobre as cidades sempre existiu



O desenvolvimento tecnológico dos eVTOLs tornam esse sonho possível. A AAM não é apenas o futuro da aviação, é o futuro da mobilidade humana.

Conceitos

◆ **Advanced Air Mobility (AAM)**

Consiste na integração segura de aeronaves inovadoras em rotas urbanas e regionais de curta e média distância

◆ **eVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing)**

É uma aeronave elétrica que decola e pousa na vertical, sem a necessidade de uma pista

Da decolagem vertical à integração urbana, os eVTOLs representam um avanço tecnológico que une eficiência, sustentabilidade e conectividade, colocando a mobilidade aérea a serviço de cidades mais inteligentes e menos congestionadas



O Papel dos Vertiportos no Sistema Multimodal

- Os vertiportos atuam como novos polos de mobilidade
- Precisam ser integrados aos aeroportos existentes, estações de transporte público e centros urbanos
- As conexões de primeira e última milha e a jornada do passageiro (cadeia de deslocamento) são críticas
- Fatores-chave de sucesso: segurança, acessibilidade e planejamento urbano

ÁREAS DE MOBILIDADE

Área de Influência (Catchment Area)

Região a partir da qual um destino principal ou serviço de transporte atrai pessoas para utilizá-lo. O tamanho dessa área varia conforme o tipo de destino – por exemplo, uma estação de trem de alta velocidade terá uma área de influência maior que uma parada de metrô leve

Zona intermediária

Área com rede de opções de mobilidade livres e baseadas em estações de até 30 milhas quadradas (aprox. 77,7 km²)

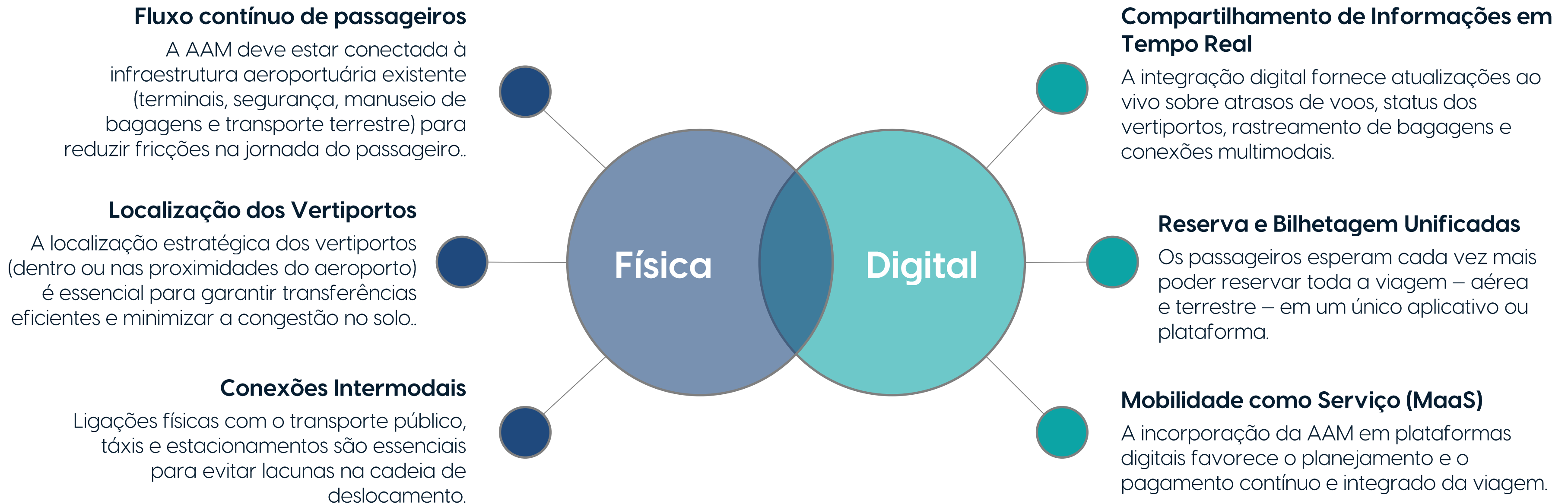
Núcleo

Estação de transporte público ou destino principal (ex.: centro administrativo). Normalmente, até 1 milha quadrada (aprox. 2,6 km²)



Integrar os vertiportos ao sistema multimodal é transformar mobilidade em conectividade

Principais Características para a Integração Multimodal



Integrar o físico e o digital é transformar a jornada do passageiro em uma experiência única, inteligente e eficiente

Oportunidades e desafios do AAM



A Mobilidade Aérea Avançada representa uma oportunidade única de repensar a aviação e seu sucesso dependerá de colaboração público-privada e no planejamento urbano integrado

Fatores a considerar no projeto e na seleção de local para infraestrutura de AAM

Projetar a infraestrutura de modo que a aceleração e desaceleração (vertical e horizontal) tenham impacto limitado sobre os passageiros



Experiência do Passageiro



Performance Operacional

Projetar a infraestrutura de modo que a aeronave possa operar da forma mais eficiente possível.

Projetar a infraestrutura de forma que incorpore margens de segurança e tolerância a falhas.



Mitigação de Riscos



Visão de longo prazo

Projetar para o futuro, não para o presente. As aeronaves tendem a se tornar maiores e mais pesadas..

Tipos de instalação e de serviços oferecidos



Vertihub



Vertiporto/Base
(Heliporto/Helibase)



Vertipad/Estação
(Heliponto/Heliestação)

Área mínima

400 pés x 200 pés

250 pés x 100 pés

100 pés x 60 pés

FATO/TLOF

2 ou mais

1-2

1

Pátios típicos para VTOL

10 ou mais

2-10

1-2

Capacidades de MRO
(manutenção, reparo e revisão)

Capacidade completa

Capacidades limitadas

Não disponível no local

Investimento de capital (CapEx)

US\$ 6-7 milhões

US\$ 500 mil – 800 mil

US\$ 200 mil – 400 mil

Custo operacional anual (OpEx)

US\$ 15-17 milhões

US\$ 3-5 milhões

US\$ 600 mil – 900 mil

Premissas básicas de concepção de projeto



Conforto dos passageiros



Consumo mínimo de energia



Mitigação do Estado de Anel de Vórtice (Vortex Ring State)

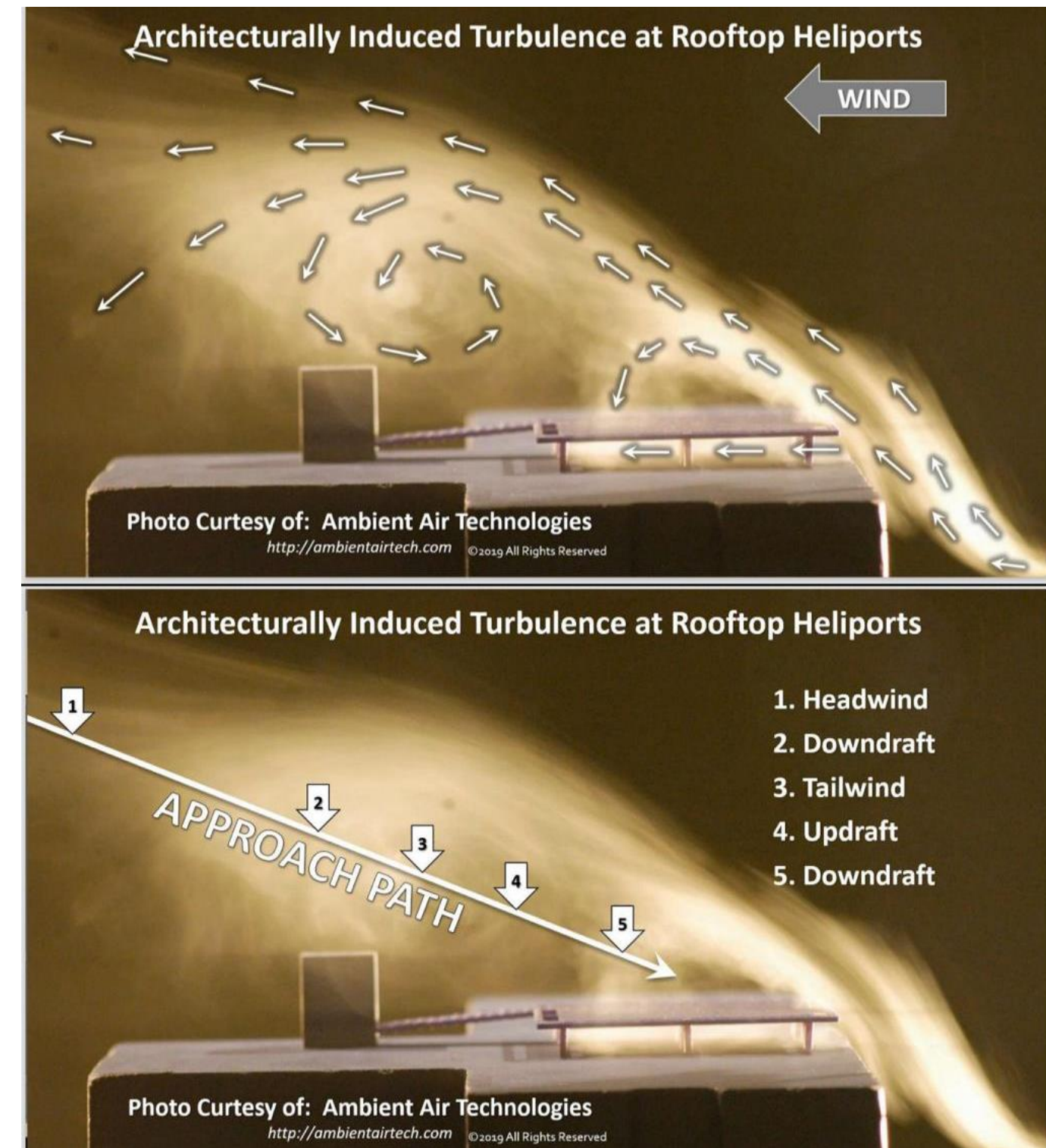


Redução da exposição ao ruído



Operações de emergência

Turbulência no caso de heliportos em rooftops

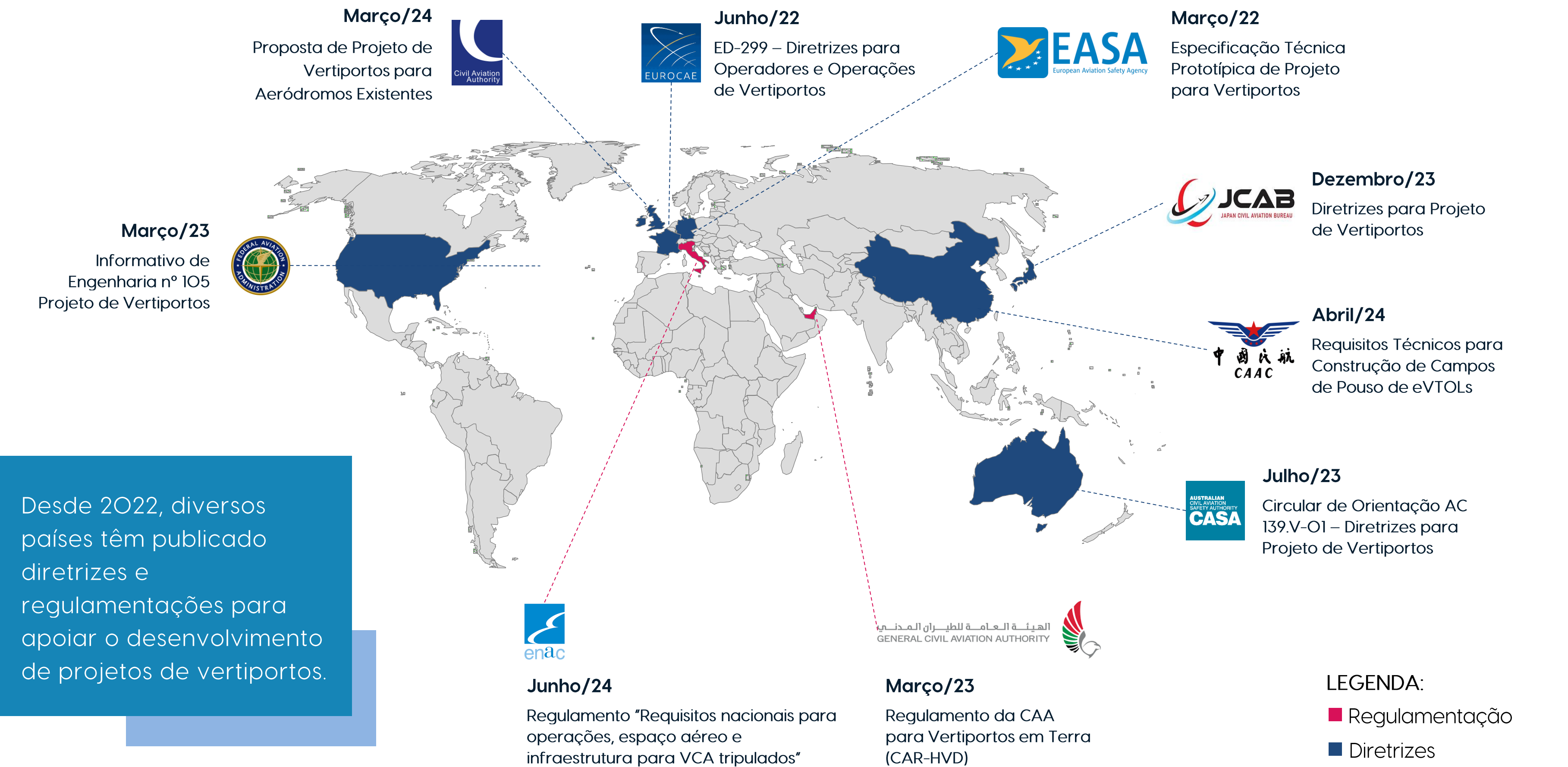


Fontes: Ambient Air Technologies – AAM Masterclass.

Premissas básicas de concepção de projeto



Diretrizes e regulamentações sobre Vertiportos



Desde 2022, diversos países têm publicado diretrizes e regulamentações para apoiar o desenvolvimento de projetos de vertiportos.

LEGENDA:
■ Regulamentação
■ Diretrizes

Estrutura do Sandbox Regulatório



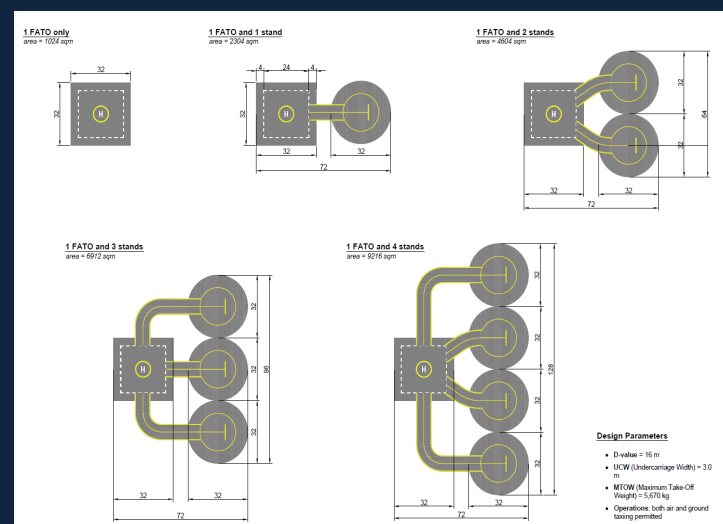
O Sandbox é um ambiente controlado para testar soluções de infraestrutura e de operação com governança de segurança, produzindo evidências para requisitos nacionais e procedimentos de vertiportos

Estudos contemplados no Sandbox

1

GEOMETRIA E LAYOUT DA ÁREA DE POUSO E DECOLAGEM

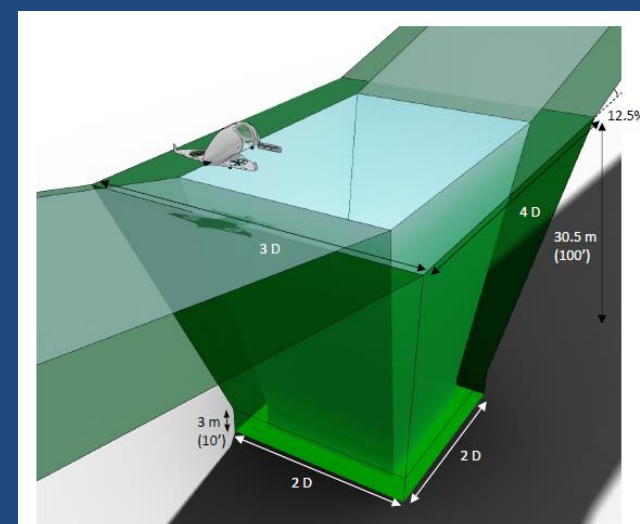
Determinar o layout mais eficiente para vertiportos que minimize a área de superfície do solo necessária, garantindo operações seguras e eficientes.



2

TRAJETÓRIAS DE APROXIMAÇÃO FINAL E DECOLAGEM

Desenvolver uma estrutura geométrica para o OFV e OLS que se alinhe com as características de desempenho do eVTOL.



3

CAPACIDADE DE SUPORTE DE INFRAESTRUTURA

Avaliar vários tipos de pavimentos sustentáveis que facilitem a drenagem de águas pluviais, mantendo a capacidade de carga necessária.



4

SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO

Definir um sistema capaz de detectar e suprimir incêndios relacionados a baterias e sistemas elétricos, garantindo a máxima segurança com o mínimo de interrupção nas operações.

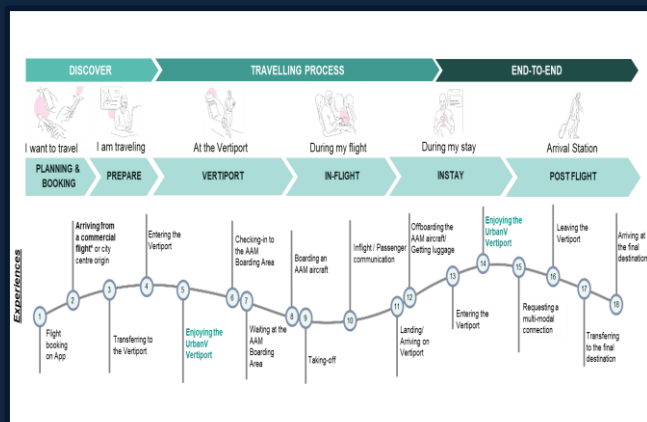


Estudos contemplados no Sandbox

5

CONTROLE DE ACESSO E JORNADA DO PASSAGEIRO

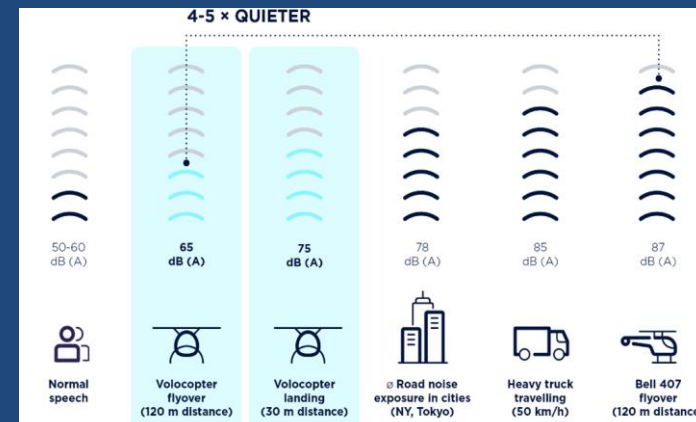
Estabelecer os protocolos de segurança para o fluxo de passageiros e bagagens, de forma a garantir que os vertiportos operem de forma suave e segura.



6

REQUISITO DE RUÍDO DE AERONAVE

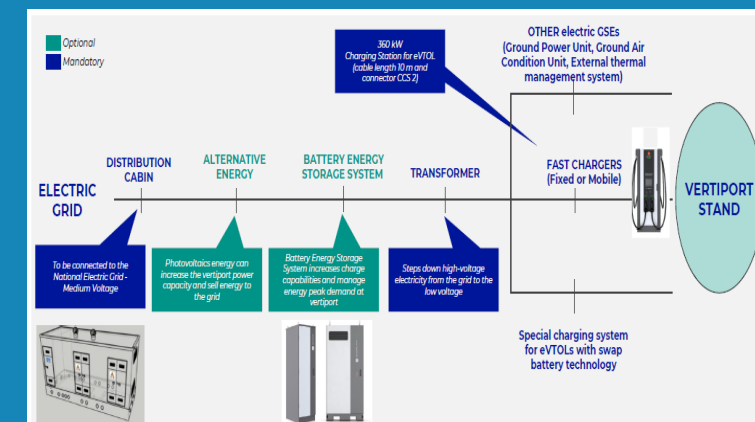
Estabelecer requisitos de ruído que minimizem o impacto nas áreas ao redor, ao mesmo tempo em que garantem operações seguras e eficientes



7

INFRAESTRUTURA ELÉTRICA

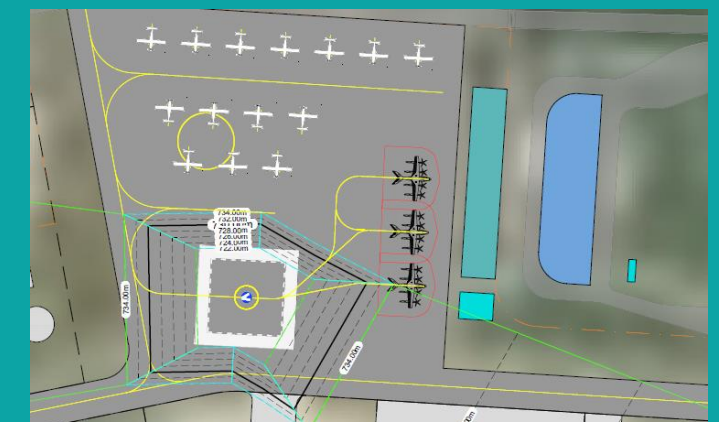
Definir a infraestrutura mínima necessária dentro do vertiporto para distribuição e fornecimento de energia elétrica para carregamento dos eVTOL



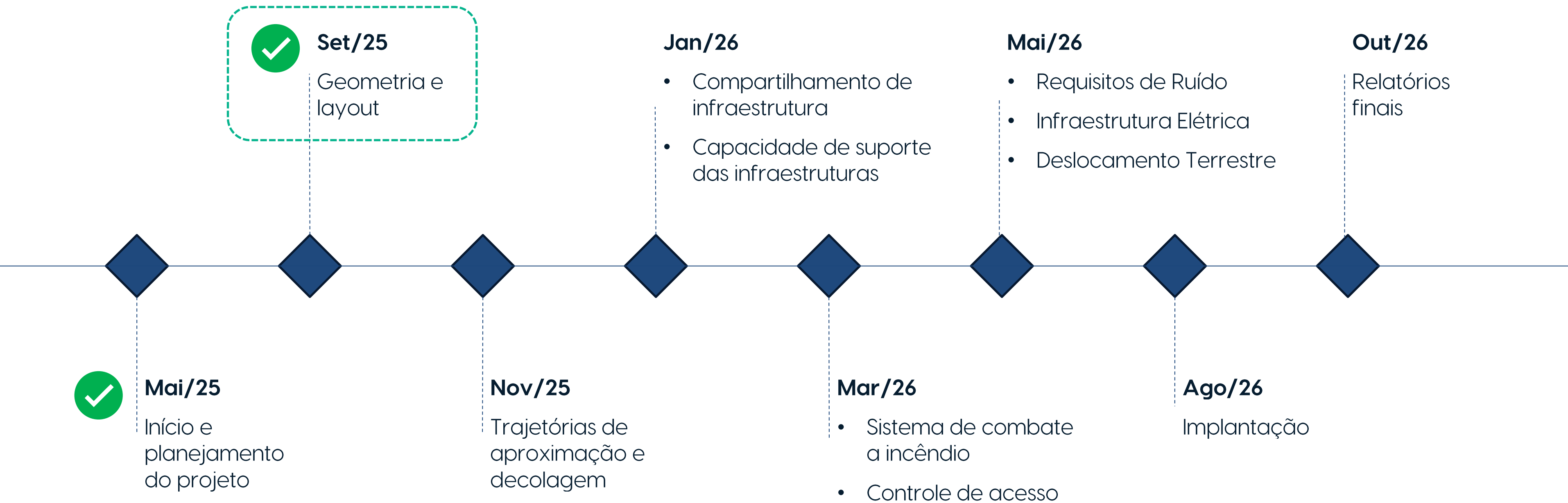
8

INTEGRAÇÃO EM INFRAESTRUTURAS EXISTENTES

Desenvolver um conjunto de critérios de projeto para converter heliportos existentes em vertiportos que suportem a operação simultânea de eVTOLs e helicópteros.



Linha do Tempo



As empresas envolvidas reafirmam seu compromisso com a excelência e a inovação, assumindo o desafio de concluir o projeto em prazo inferior ao estipulado oficialmente de 24 meses

Benchmark dos modelos disponíveis

Objetivo

Fornecer uma base técnica de especificações representativas de eVTOLs, para subsidiar o projeto e o dimensionamento da infraestrutura de vertiportos, dentro de um arcabouço regulatório harmonizado.

1

Analisar como esses parâmetros afetam a infraestrutura, sob uma perspectiva geométrica e funcional

2

Analisar como esses parâmetros afetam a infraestrutura, sob uma perspectiva geométrica e funcional

3

Definir critérios para seleção de valores máximos, mínimos ou médios, de acordo com sua relevância no processo de projeto.

Multicopters



Velocity B-model



Velocity C-model

Vecored Thrust



Lilium jet

Lift&Cruise



BETA Alia eVTOL A250



EVE



Airbus Next Gen

Tilt Rotor / Tilt wing



Vertical VX4



Joby S4



Archer Midnight

Benchmark dos modelos disponíveis

Lista de modelos estudados

-	OEM	Model
1	Volocopter	Volocity
2	Lilium	Lilium Jet
3	Vertical	VX-4
4	Archer	Midnight
5	Joby	S4
6	Beta	Alia 250
7	Eve	Eve
8	Airbus	City Airbus
9	Supernal	SA-2
10	Wisk	Gen 6
11	ehang	EH216-S
12	Honda	GT Hybrid

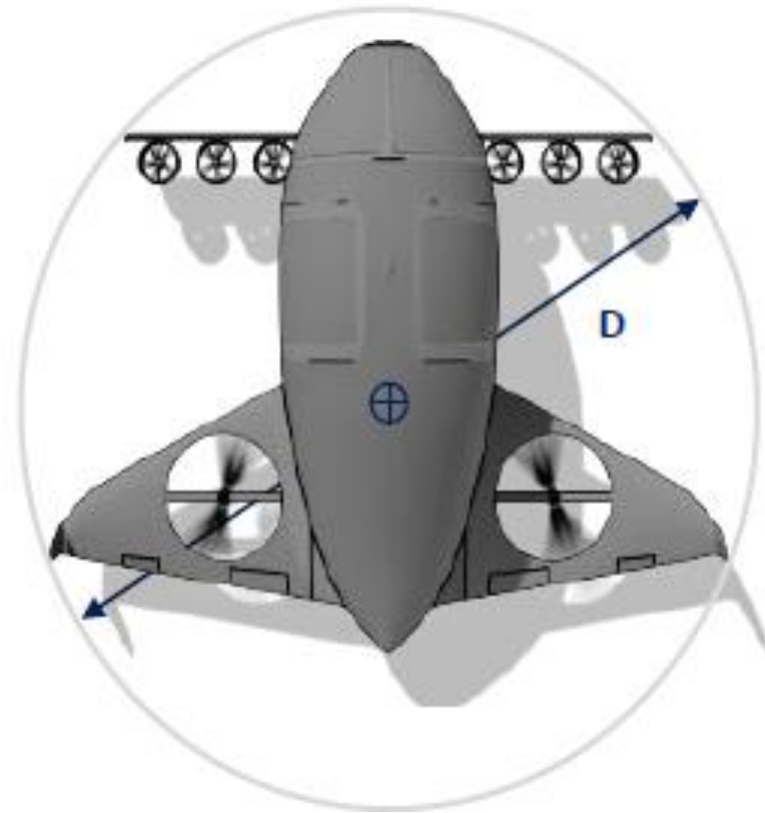
A análise comparativa dos dados técnicos dos eVTOLs evidencia variações significativas entre as aeronaves quanto ao desempenho, dimensões, propulsão e demanda energética. Apesar dessa diversidade, a agregação dos dados por meio de valores mínimos, médios e máximos fornece métricas de referência consistentes para o projeto de vertiportos.

Premissas de projeto

- › Valores máximos definem o dimensionamento das áreas operacionais (FATO, posições de estacionamento, etc.), assegurando compatibilidade futura com diferentes modelos de aeronaves.
- › Valores médios orientam o planejamento da capacidade de terminais, operações e sistemas de energia.
- › Valores mínimos servem como base para a definição das superfícies limitadoras de obstáculos (OLS) e dos volumes de proteção operacional.
- › Aspectos qualitativos, como modos de propulsão e taxiamento, configuração geométrica, controle de fluxo descendente (downwash) e concepção de apoio em solo, também devem ser considerados no processo de projeto.

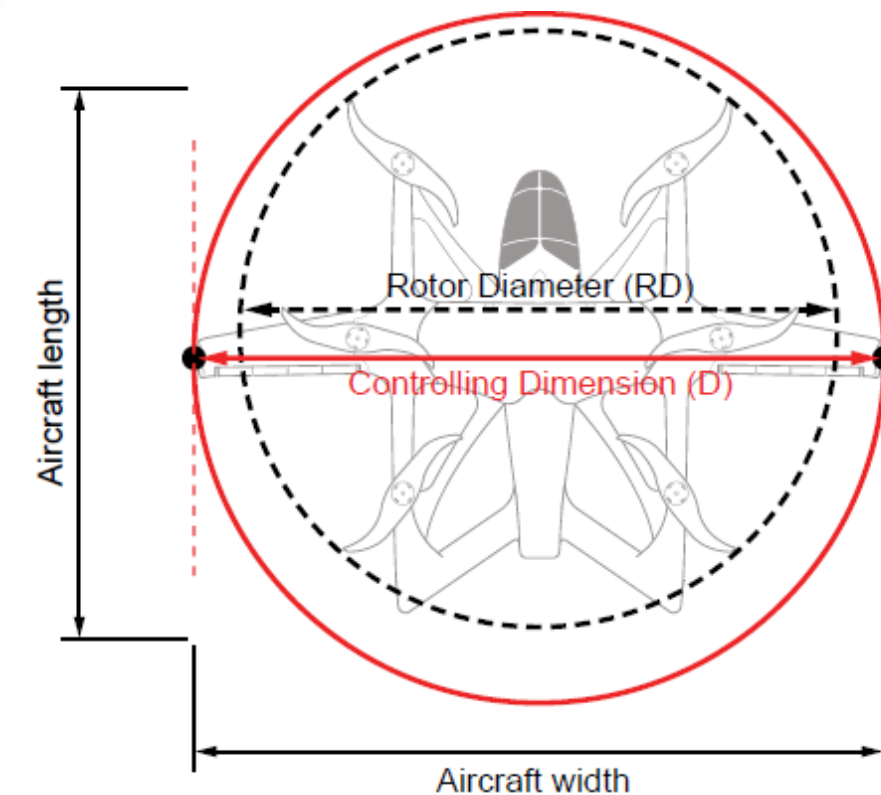
Estudo comparativo da regulamentação vigente

Parâmetros de projeto da EASA



- D, para aeronaves VTOL, significa o diâmetro do menor círculo que engloba a projeção da aeronave VTOL em um plano horizontal, enquanto a aeronave está em configuração de decolagem ou pouso, com os rotores em funcionamento, quando aplicável (ver também PTS VPT-DSN.D.49O e Apêndice 1).
- **Valor D (D-value)** significa uma dimensão limitante, expressa em termos de D, para um vertiporto ou para uma área definida dentro de um vertiporto.
- **D de projeto (Design D)** significa o valor D da aeronave VTOL considerada como referência de projeto.

Parâmetros de projeto da FAA



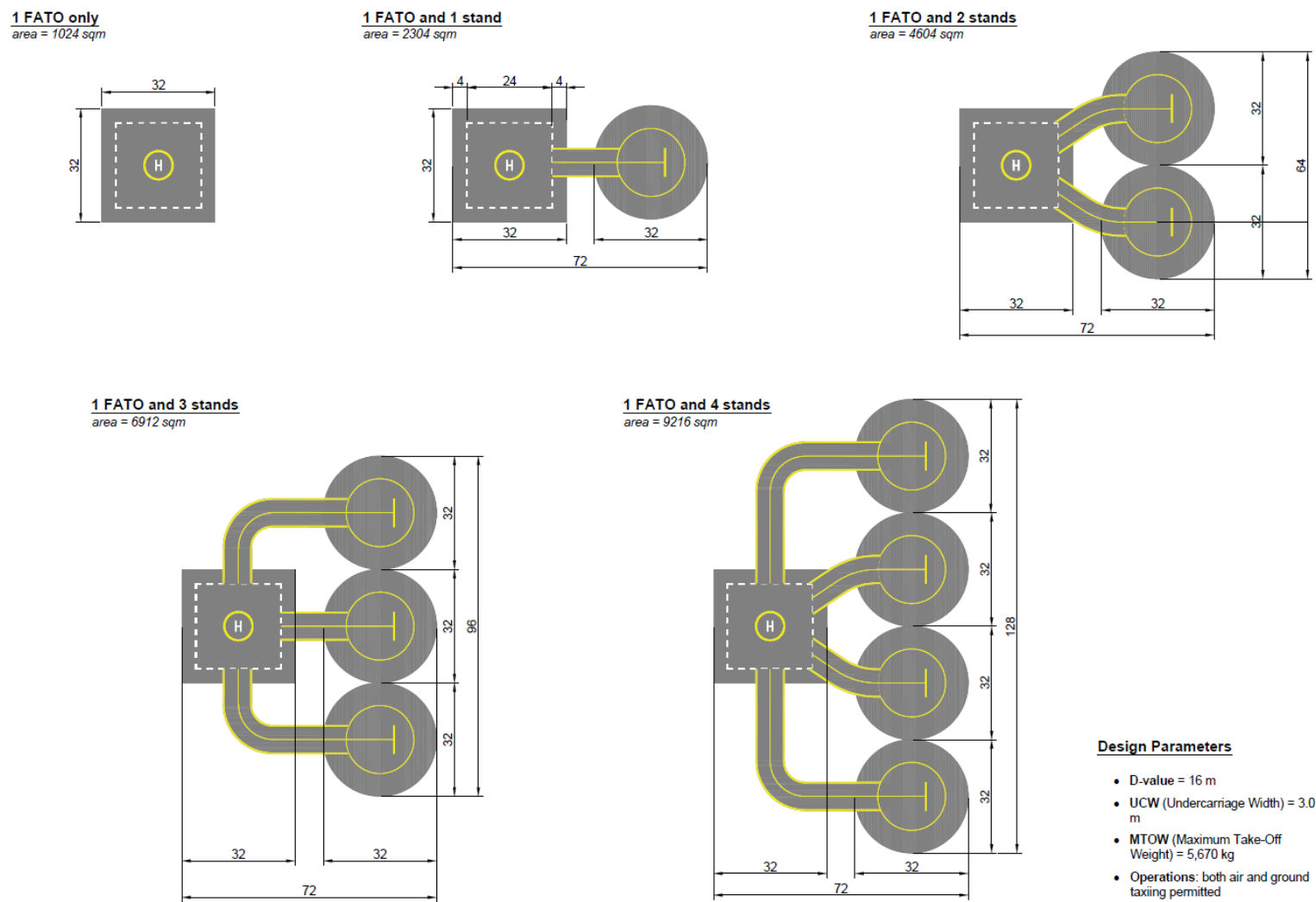
- **Dimensão de controle (D):** diâmetro do menor círculo que engloba toda a projeção da aeronave VTOL em um plano horizontal, incluindo todas as configurações possíveis com rotores/hélices em funcionamento, quando aplicável.
- **Diâmetro do rotor (RD – Rotor Diameter):** o maior comprimento de todos os rotores, de ponta a ponta. Pode ser calculado determinando o diâmetro do menor círculo que engloba todas as unidades propulsoras geradoras de sustentação – incluindo hélices, rotores, ventiladores etc. – em um plano horizontal, enquanto a aeronave está em configuração de decolagem ou pouso vertical, com rotores/hélices/ventiladores em funcionamento, quando aplicável. O RD também deve incluir todos os trens de pouso e pontos de contato com a superfície.

Resultados do 1º Pacote de Trabalho

Exemplo de proposta de critérios para projeto

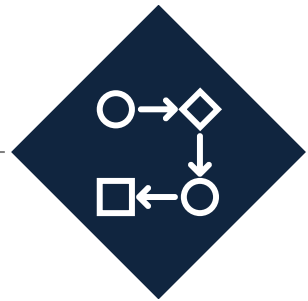
Title	Aspect	Proposed criteria	Comment
FATO	Dimension	1.5 × Design D	As per preliminary understanding OEM confirmed that 1.5xD is sufficient, in fact eVTOL since they have more propellers are more stable and therefore have less deviation from landing trajectory centered on the FATO.
FATO	Shape	Circular or square	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
FATO	Max slope	2%	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
FATO	Distance between any FATOs	10 × D measured center-to-center	FAA criteria ensure separation by requiring independence of the Obstacle Limitation Surfaces (OLS) between two FATOs, while EASA defines the distance as a function of aircraft weight, originally referenced to runway operations. The proposed approach adopts the FAA principle of OLS independence, applying EASA geometric parameters, resulting in a separation of 10 D. This ensures scalability, as spacing increases proportionally with larger eVTOL dimensions. This concept is better described in Annex I.
TLOF	Dimension	0.83 × Design D (or min dim define on AFM)	Only FAA EB105A differs from this criterion, adopting guidance from helicopter-related AC. EASA and other guidance are considered.
TLOF	Location	Can be inside the FATO or co-located with the stand	It depends on operation type: if air-taxi operations will be placed within the stand, otherwise within the FATO.
TLOF	Max slope	Same as FATO (2%)	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
Safety	Extension	3 m or ≥ 0.25 D (whichever is greater)	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
Safety	Max slope	5%	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
Taxiways and Taxi-Routes	Width (ground)	Taxiway: ≥ 2 × UCW Taxi-route: ≥ 1.5 × max aircraft width	Most of the guidelines and regulations considered agree on this aspect.
Taxiways and Taxi-Routes	Width (air)	Taxiway: ≥ 2 × max width Offset from infrastructure considered	Most of the guidelines and regulations considered agree on this aspect.
Taxiways and Taxi-Routes	Slope limits	Ground: 2–4% transverse, 3% longitudinal Air: 10% transverse, 7% longitudinal	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
Taxiways and Taxi-Routes	Strip	Not explicitly defined	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
eVTOL Aircraft Stands	Based on	D-value: 1.2 × D with 0.4 × D protection zone or custom geometry with 3 m offset	Only FAA EB105A differs from this criterion, adopting guidance from helicopter-related AC. EASA and other guidance are considered for this criterion.
eVTOL Aircraft Stands	Slope	≤ 2%	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
eVTOL Aircraft Stands	Clearance	Stand overlap allowed but reduces simultaneous operability	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
Clearway	Status	Optional	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
Clearway	Width	Same or greater than FATO + Safety Area	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.
Clearway	Slope limit	Up to 3% general; 5% localized	All guidelines and regulations agree considered on this aspect.

Exemplos de layout para projetos com 1 FATO



O estudo estabelece uma base sólida e alinhada a padrões globais para o desenvolvimento da infraestrutura de vertiportos no Brasil, com atualização contínua frente aos avanços tecnológicos e regulatórios

Resultados esperados do Sandbox



Modelo de operação validado para vertiporto em um aeroporto:



Desenvolvimento de normas específicas para vertiporto



Fomento à mobilidade aérea urbana



Impacto ambiental e social positivo



Criação de parâmetros para expansão de vertiportos no Brasil

Com o início do Sandbox regulatório para vertiportos, o Brasil dá um passo decisivo para integrar a mobilidade aérea avançada, promovendo inovação, segurança e sustentabilidade no transporte urbano



O Sandbox no Campo de Marte consolida o aeroporto como o ambiente pioneiro e ideal para testar e validar a integração entre vertiportos e eVTOLs, unindo inovação, segurança e operação real. Com localização estratégica no coração de São Paulo, ampla disponibilidade de espaço e perfil operacional já alinhado à aviação urbana, Campo de Marte e a PAX Aeroportos se posicionam estrategicamente construção do futuro da Mobilidade Aérea Avançada no Brasil

Campo de Marte é mais do que um aeroporto: é o ponto de partida do futuro da Mobilidade Aérea Avançada em SP



Rogério Prado

CEO PAX

rogerio.prado@paxaerportos.com.br

<https://br.linkedin.com/in/rogerioaprado/pt>