

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Samara Cavalcante Lemos

**IDENTIFICAÇÃO DE TRECHOS RODOVIÁRIOS
DESTINADOS À OPERAÇÃO EVENTUAL DE
AERONAVES DE ASA FIXA**

Trabalho de Graduação
2024

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

Samara Cavalcante Lemos

**IDENTIFICAÇÃO DE TRECHOS RODOVIÁRIOS
DESTINADOS À OPERAÇÃO EVENTUAL DE
AERONAVES DE ASA FIXA**

Orientador

Prof. Dr. Evandro José da Silva (ITA)

ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Lemos, Samara Cavalcante
Identificação de trechos rodoviários destinados à operação eventual de aeronaves de asa fixa /
Samara Cavalcante Lemos.
São José dos Campos, 2024.
44f.

Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica– Instituto Tecnológico de
Aeronáutica, 2024. Orientador: Prof. Dr. Evandro José da Silva.

1. Pouso. 2. Decisão. 3. Rodovia. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LEMOS, Samara Cavalcante. **Identificação de trechos rodoviários destinados à operação eventual de aeronaves de asa fixa.** 2024. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Samara Cavalcante Lemos

TÍTULO DO TRABALHO: Identificação de trechos rodoviários destinados à operação eventual de aeronaves de asa fixa.

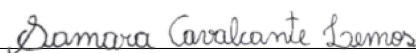
TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) / 2024

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização da autora.

Samara Cavalcante Lemos
Rua H8A, Ap. 110
12.228-460 – São José dos Campos–SP

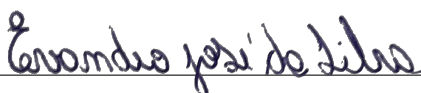
IDENTIFICAÇÃO DE TRECHOS RODOVIÁRIOS DESTINADOS À OPERAÇÃO EVENTUAL DE AERONAVES DE ASA FIXA

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



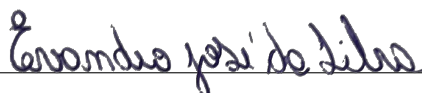
Samara Cavalcante Lemos

Autora



Evandro José da Silva (ITA)

Orientador



Prof. Dr. Evandro José da Silva

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 21 de novembro de 2024.

À Sara. Minha irmã, minha melhor amiga, quem me apoiou, me entendeu e me deu sentido. Espero que possamos estar sempre juntas aqui e na eternidade.

Agradecimentos

A Deus, por me sustentar e me carregar nos braços quando eu não consigo andar

À Sara Cavalcante Lemos, por ser a minha gêmea de alma

Ao meu pai, por me falar que me ama só por eu ser sua filha e nada a mais

À minha mãe, por todo amor e apoio

Às minhas tias e tios, por terem me apoiado e torcido por mim

Aos meus amigos Rafaella dos Santos e Alessandro Pimentel, por terem sido os melhores colegas de trabalho que eu poderia ter tido, por sofrerem comigo e sorrirem comigo. Eu não chegaria aqui sem vocês.

À minha amiga Marta Cristina, por me ouvir, por falar, pela amizade e confiança, e pela assinatura emprestada do ChatGPT 4o

Ao professor Evandro José da Silva por ser a razão dos alunos da Civil se gabarem aos outros cursos por termos o melhor coordenador de graduação, sendo compreensível e nos incentivando. E ao mesmo professor por ter sido meu paciente orientador, me direcionando e me motivando

Aos professores Cláudio Jorge e Giovanna Ronzani por terem ministrado as minhas matérias preferidas da graduação

A todo o pessoal da Divisão de Engenharia Civil, por fazerem parte de um time tão dedicado e inspirador

A todos os meus professores do Curso Fundamental

A todos os meus colegas e amigos iteanos que fiz durante a graduação

A todos os meus professores do Colégio Ari de Sá

E por todos aqueles que me ajudaram a chegar aqui.

Este infeliz gritou a Deus, e foi ouvido
— SL. 33:7

Resumo

Este trabalho aborda a utilização de rodovias como sítios alternativos para pousos e decolagens eventuais de aeronaves de asa fixa em situações de urgência no Brasil. Considerando as limitações de infraestrutura aeroportuária em áreas remotas, propõe-se um framework que sistematiza a tomada de decisão para a seleção de trechos rodoviários adequados, com base em critérios como largura da pista, linearidade, declividade e ausência de obstáculos físicos. O trabalho se propõe a ser um compilado acadêmico e sistematizado de informações previamente dispersas, preenchendo uma lacuna significativa na literatura sobre o tema e revelando a necessidade de um estudo que integre essas informações de maneira abrangente e técnica. A metodologia apresentada visa fornecer uma base sólida para decisões operacionais seguras em emergências, contribuindo para a ampliação da cobertura de resposta aérea e para a adoção de práticas observadas em outros países, como a Suécia e os Estados Unidos.

Abstract

This study addresses the use of highways as alternative sites for emergency landings of fixed-wing aircraft in Brazil. Considering the limitations of airport infrastructure in remote areas, a framework is proposed to systematize decision-making for selecting suitable highway segments, based on criteria such as runway width, linearity, slope, and absence of physical obstacles. This work aims to serve as an academic and systematized compilation of previously scattered information, filling a significant gap in the literature and highlighting the need for a study that integrates this information comprehensively and technically. The presented methodology aims to provide a solid basis for safe operational decisions during emergencies, contributing to the expansion of aerial response coverage and the adoption of practices observed in other countries, such as Sweden and the United States.

Lista de Figuras

FIGURA 1.1 – Diagrama de operações com diferentes tempos de resposta requeridos	14
FIGURA 2.1 – Dimensões do Jet Eclipse	18
FIGURA 2.2 – Ábaco de cálculo do comprimento da PPD para determinados parâmetros	19
FIGURA 2.3 – Esquema de identificação de segmentos retos num trecho de rodovia retirado do estudo	20
FIGURA 2.4 – Exemplo de trecho rodoviário com obstáculo de canteiro central . .	20
FIGURA 2.5 – Diagrama das superfícies limitadoras de obstáculos segundo o anexo 14 da ICAO	21
FIGURA 2.6 – Diagrama do Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo segundo a ICA 11- 408 aplicadas ao aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro	22
FIGURA 2.7 – Trecho da rodovia com grande declividade	23
FIGURA 3.1 – Fluxograma do método proposto	25
FIGURA 3.2 – Fluxo aéreo de passageiros no Brasil em 2019	26
FIGURA 3.3 – Malha rodoviária federal e estadual do Brasil em 2017	27
FIGURA 3.4 – Trecho da rodovia Bandeirantes com grande largura e sem obstáculos físicos centrais	27
FIGURA 3.5 – Trecho rodoviário em ponte	28
FIGURA 3.6 – Trecho de rodovia com obstáculo físico	28
FIGURA 4.1 – Super Hércules em teste de pouso em rodovia nacional indiana . . .	31
FIGURA 4.2 – Trecho para pouso em rodovia nacional indiana NH 925A	31

FIGURA 4.3 – Medição da largura do trecho para pouso em rodovia nacional indiana NH 925A	32
FIGURA 4.4 – Medição do comprimento do trecho para pouso em rodovia nacional indiana NH 925A	32
FIGURA 4.5 – Gráficos de necessidade de pista para diferentes parâmetros para performance da aeronave C-130J	33
FIGURA 4.6 – Dimensões frontais da aeronave C-130J	33
FIGURA 4.7 – Imagem dos entornos da instalação de pouso emergencial da rodovia nacional indiana NH 925A	34
FIGURA 4.8 – AC-130J em teste de pouso em rodovia pública no Arkansas, EUA .	35
FIGURA 4.9 – Medição do comprimento do provável trecho dos pousos do exercício Emerald Warrior	36
FIGURA 4.10 – Medição da largura do trecho na <i>Highway 63</i>	36
FIGURA 4.11 – Entorno da <i>Highway 63</i> com ausência de obstáculos significativos .	38
FIGURA 4.12 – King Air em pouso médico em rodovia pública no Alasca	39
FIGURA 4.13 – Medição da largura do trecho na George Parks Highway	40

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 – Largura da pista de pouso e decolagem associada à OMGWS	17
TABELA 2.2 – Elemento 1 do Código	17
TABELA 2.3 – Elemento 2 do Código	17
TABELA 4.1 – Comprimentos de pista requeridos pelo C-130J para diferentes situações	37

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo	13
1.2	Motivação	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Parâmetros da aeronave e dimensões mínimas de pista	16
2.2	Linearidade do trecho e ausência de obstáculos na pista	19
2.3	Obstáculos no espaço aéreo	21
2.4	Critérios de declividade longitudinal da pista	22
2.5	Apontamentos da revisão de literatura	23
3	<i>Framework</i> PROPOSTO	24
4	APLICAÇÃO DO MÉTODO EM CASOS RECENTES	30
4.1	Pouso de um Super Hércules em rodovia nacional da Índia em 2021 . . .	31
4.2	Pouso de aeronaves militares em rodovia pública no Arkansas, Estados Unidos em 2024	35
4.3	Pouso de aeronave médica em rodovia estadual no Alasca em 2022 . . .	39
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42

1 Introdução

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho de graduação é desenvolver um framework que sistematize a tomada de decisão para a escolha de trechos rodoviários no Brasil adequados para pousos eventuais de aeronaves de asa fixa. O trabalho busca organizar de forma ampla as variáveis, fontes de dados, premissas e critérios, estruturando-os de maneira racional em alinhamento com as demandas operacionais identificadas. Esse framework visa proporcionar uma base sólida para decisões tanto em operações com caráter de urgência, onde a operação ocorre num trecho já existente de rodovia, quanto em operações que permitam maior grau de planejamento e que permitam a realização de uma solução de engenharia num trecho de rodovia para atender os parâmetros de pista requeridos pela aeronave, promovendo assim uma análise das condições e necessidades envolvidas nesses casos.

1.2 Motivação

No Brasil, diversas regiões enfrentam desafios significativos no acesso aéreo durante situações de urgência. Áreas remotas ou isoladas, com infraestrutura aeroportuária limitada ou inexistente, dependem de respostas aéreas rápidas, cruciais em crises que exigem ação imediata. Eventos recentes ilustram essa realidade:

- Combate a queimadas: incêndios florestais têm devastado vastas áreas, especialmente na Amazônia, exigindo intervenções aéreas para controle e mitigação dos danos ambientais e à saúde pública. (G1, 2024a)
- Crise humanitária na Terra Indígena Yanomami: durante a pandemia de COVID-19, comunidades indígenas enfrentaram crises de saúde e alimentação, necessitando de assistência emergencial por via aérea devido ao difícil acesso terrestre. (GOV, 2023)
- Enchentes no Sul do país: inundações recorrentes em estados como Santa Catarina

e Rio Grande do Sul têm isolado comunidades, tornando o suporte aéreo essencial para resgate e fornecimento de suprimentos. (G1, 2024b)

Além disso, muitas regiões do Brasil enfrentam desafios no acesso aéreo em situações de urgência, especialmente em áreas montanhosas ou florestais de difícil acesso.

Visto que a manutenção de aeroportos em todas as cidades do país é inviável devido aos altos custos, torna-se essencial buscar soluções alternativas para ampliar a cobertura e agilidade da resposta aérea. Diante deste cenário, este trabalho propõe a utilização de rodovias como sítios de pouso alternativos para aeronaves de asa fixa em emergências, aproveitando a infraestrutura rodoviária existente. A prática já é adotada na Suécia e nos Estados Unidos (CAVOK, 2024a),(CAVOK, 2024c) , que adaptaram rodovias para pousos emergenciais de aeronaves militares, mostrando o potencial dessa abordagem.

O método apresentado neste trabalho abrange situações com diferentes tempos de resposta aérea, variando desde horas até semanas. Em cenários de resposta imediata, a utilização de trechos rodoviários já existentes torna-se necessária, sendo viável realizar apenas pequenas intervenções, como a remoção de obstáculos nos entornos do trecho selecionado. Por outro lado, em situações de menor urgência, é possível implementar alterações mais significativas na infraestrutura, como o alargamento da pista ou a adequação do pavimento, visando atender às demandas específicas da operação aérea.

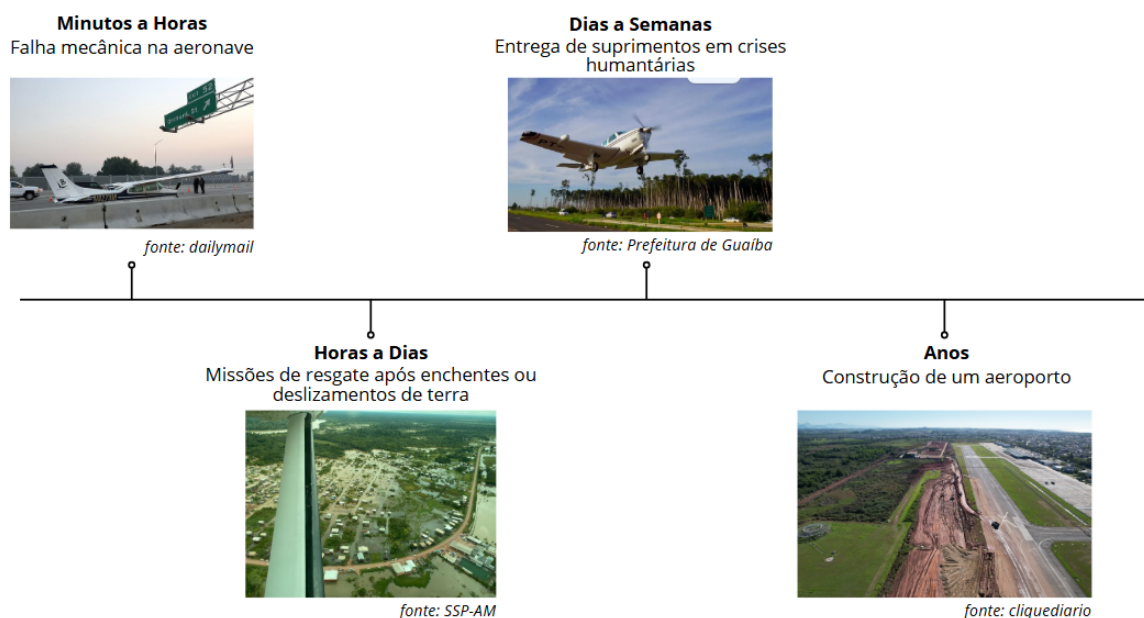


FIGURA 1.1 – Diagrama de operações com diferentes tempos de resposta requeridos

Propõe-se aqui a estruturação de um framework para sistematizar a escolha de trechos rodoviários adequados, considerando critérios como largura, linearidade, declividade e ausência de obstáculos. A sistematização desses critérios, até então dispersos em regulamentações (ANAC, 2008), (ICAO, 2020) e blogs de aviação (ARO, 2020), visa orientar

decisões seguras em emergências. Portanto, este estudo contribui com uma solução para aumentar a cobertura de resposta aérea, utilizando rodovias como extensão da malha de suporte em emergências, visando uma aplicação prática e eficaz em áreas desprovidas de infraestrutura aeroportuária.

2 Fundamentação Teórica

A revisão bibliográfica sobre o tema da escolha de trechos rodoviários para pousos eventuais de aeronaves de asa fixa revela uma lacuna na literatura científica sobre o tema. Poucos estudos tratam diretamente da viabilidade de rodovias como alternativas para pousos eventuais de aeronaves de asa fixa. Embora existam trabalhos relacionados à infraestrutura rodoviária e operações de emergência, a integração desses temas voltada especificamente para pousos de aeronaves é escassa. Um estudo encontrado (DONATO, 2015) considera apenas a linearidade e ausência de pontes como critérios, o que se mostra insuficiente frente à complexidade operacional envolvida.

Este trabalho busca preencher a lacuna acadêmica sobre a sistematização da tomada de decisão para a escolha de trechos rodoviários adequados para pousos de emergência. Embora critérios como linearidade, declividade e ausência de obstáculos já sejam apontados em estudos e regulamentações, eles são tratados de forma dispersa, sem uma sistemática robusta para aplicação prática. Assim, este trabalho propõe um framework estruturado que integre esses critérios, possibilitando uma análise segura e criteriosa. As regulamentações da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) apresentam diretrizes sobre critérios específicos, mas carecem de uma estrutura decisória clara para a seleção de trechos, reforçando a necessidade de um método consolidado que oriente decisões de forma segura e fundamentada.

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos em regulamentações de aviação e em pesquisas realizadas com o uso das palavras-chave “pouso”, “aeronave” e “rodovia”, em navegadores e em bases de dados científicas, como *Consensus* e Periódicos CAPES.

2.1 Parâmetros da aeronave e dimensões mínimas de pista

As normas da ANAC presentes no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) referentes à largura da pista de pouso e decolagem levam em conta os parâmetros da aeronave para determinar o código da pista, conforme tabela da figura abaixo.

TABELA 2.1 – Largura da pista de pouso e decolagem associada à OMGWS

Largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal (OMGWS)				
Nº do código	OMGWS <4.5m	4.5m <OMGWS <6m	6m <OMGWS <9m	OMGWS >9m
1	18m	18m	23m	-
2	23m	23m	30m	-
3	30m	30m	30m	45m
4	-	-	45m	45m

fonte: (ANAC, 2008)

O código alfanumérico é determinado pela envergadura da aeronave e pelo comprimento básico de pista requerido pela aeronave, informado no manual de voo. Os parâmetros para cada número (elemento 1) ou letra (elemento 2) do código estão descritos na tabela a seguir

TABELA 2.2 – Elemento 1 do Código

Número do código	Comprimento básico de pista requerido pela aeronave
1	menor que 800 m
2	maior ou igual a 800 m e menor que 1200 m
3	maior ou igual a 1200 m e menor que 1800 m
4	maior ou igual a 1800 m

fonte: (ANAC, 2008)

TABELA 2.3 – Elemento 2 do Código

Letra do código	Envergadura
A	menor que 15 m
B	maior ou igual a 15 m e menor que 24 m
C	maior ou igual a 24 m e menor que 36 m
D	maior ou igual a 36 m e menor que 52 m
E	maior ou igual a 52 m e menor que 65 m
F	maior ou igual a 65 m e menor que 80 m

fonte: (ANAC, 2008)

As dimensões da aeronave abordadas são:

- **OMGWS (Outer Main Gear Wheel Span):** Distância entre os trens de pouso principais, essencial para determinar a largura mínima necessária da rodovia para pouso.
- **Envergadura:** Medida da largura total das asas, importante para verificar se há espaço lateral suficiente na rodovia.

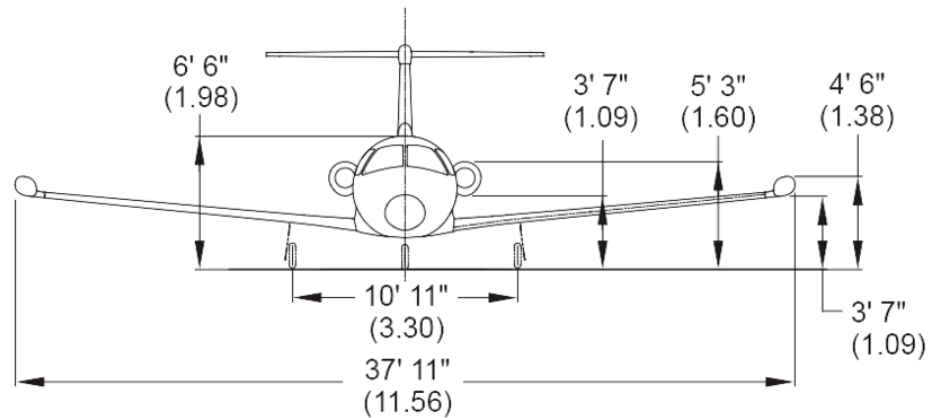


FIGURA 2.1 – Dimensões do Jet Eclipse

fonte: (AEROSPACE, 2024)

Além disso, RBAC n.º 154 informa que o comprimento final da pista de pouso e decolagem (PPD) não se dá apenas pelo comprimento básico de pista requerido pela aeronave, pois são levados em conta:

- Características de performance e pesos operacionais das aeronaves com operação pretendida;
- Condições climáticas, principalmente as relacionadas a vento e temperatura;
- Características da pista, tais como declividade e condição superficial
- Localização do aeródromo, por exemplo, a elevação do aeródromo influencia na pressão atmosférica e as restrições de terreno.

Esse cálculo é feito pela análise de ábacos presentes no manual de voo das aeronaves, que levam em conta esses parâmetros

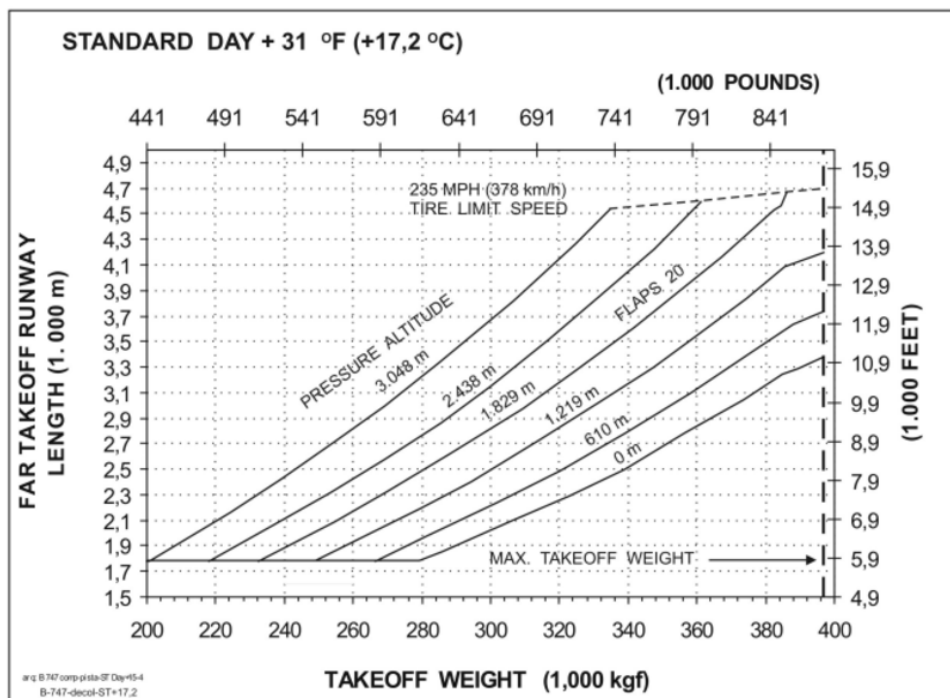


FIGURA 2.2 – Ábaco de cálculo do comprimento da PPD para determinados parâmetros

fonte: (PAULO, 2006)

Tais normas indicam a largura mínima e o comprimento mínimo desejado para uma pista receber dada aeronave, sendo um fator importante de análise na escolha do trecho rodoviário a ser utilizado como pista de pouso.

2.2 Linearidade do trecho e ausência de obstáculos na pista

O estudo presente no trabalho “An Off-Runway Emergency Landing Aid for a Small Aircraft Experiencing Loss of Thrust” (DONATO, 2015) oferece um guia rápido para checar a linearidade de trechos rodoviários em pousos de emergência, bem como checar a existência de pontes presentes em tais trechos através da análise de imagens do banco de dados do OpenStreetMap®. Tais fatores são fundamentais na escolha de um trecho rodoviário para pouso, além disso, o trabalho encoraja continuações do estudo que abranjam a análise de outros tipos de obstáculos, tais como canteiro central ou obstáculos físicos similares presentes em rodovias de grande porte. A seguir, um diagrama dos parâmetros na análise da linearidade dos trechos exibidos no trabalho citado.

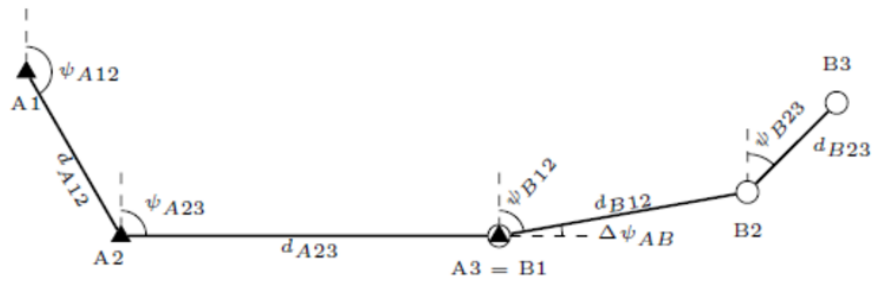


FIGURA 2.3 – Esquema de identificação de segmentos retos num trecho de rodovia retirado do estudo

fonte: (DONATO, 2015)

O estudo considera como trecho reto um conjunto de nós que gera um conjunto de segmentos que possui uma direção média. Para um segmento adjacente ser adicionado nesse trecho reto, a direção média do trecho não deve mudar mais que 3° após a adição do dado segmento e esse processo se repete até o trecho possuir no mínimo 3040 pés (926,59 m). O valor de 3° foi arbitrado pelo estudo como limite angular razoável para a determinação de um trecho adequado para pouso.



FIGURA 2.4 – Exemplo de trecho rodoviário com obstáculo de canteiro central

fonte: (MEDRAL, 2024)

O trabalho aponta então a importância da escolha de um trecho que possua linearidade razoável, sem obstáculos na pista e com um comprimento necessário para um pouso bem-sucedido.

2.3 Obstáculos no espaço aéreo

O artigo “Towards an objective decision-making framework for regional airport site selection” (ALVES, 2020) cita a presença de obstáculos no espaço aéreo como fator eliminatório na escolha de sítios aeroportuários, tais como linhas de transmissão, montanhas ou edifícios. Averiguar essa condição também é uma análise essencial a ser realizada no entorno de um trecho rodoviário que pode ser usado para pouso de aeronave. Esses critérios de controle do espaço aéreo são estabelecidos em regulamentações internacionais e nacionais, como o Anexo 14 da ICAO, que regula as superfícies limitadoras de obstáculos para aeródromos, definindo parâmetros para a proteção dos espaços ao redor de pistas e áreas de aproximação, visando a segurança das operações de pouso e decolagem. Esse modelo apresenta semelhanças com o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) da ICA 11-408 (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2015), que estabelece critérios específicos para a delimitação de áreas livres de obstáculos ao redor dos aeródromos no Brasil.

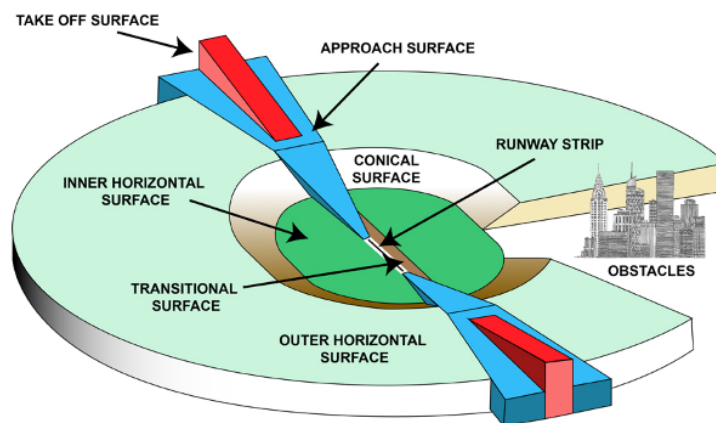


FIGURA 2.5 – Diagrama das superfícies limitadoras de obstáculos segundo o anexo 14 da ICAO

fonte: (SOLUTIONS, 2024)



FIGURA 2.6 – Diagrama do Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo segundo a ICA 11- 408 aplicadas ao aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro

fonte: (HANGAR33, 2015)

Tanto a ICAO quanto as regulamentações nacionais, como a ICA 11-408, buscam assegurar que não existam interferências físicas que possam comprometer a segurança de operações aéreas, especialmente em trajetórias de aproximação e decolagem. Essas diretrizes são fundamentais para orientar a escolha de trechos de rodovias aptos a abrigar pousos emergenciais, garantindo que a área esteja livre de obstáculos que possam oferecer risco durante a operação.

2.4 Critérios de declividade longitudinal da pista

A declividade da pista é um fator essencial para a segurança de pousos emergenciais em rodovias, pois influencia diretamente a capacidade de desaceleração controlada da aeronave. Conforme a emenda 4 do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC), pistas destinadas a aeronaves de pequeno porte (códigos 1 e 2) devem ter uma declividade longitudinal total e uma variação de declividade que não ultrapassem 2%. Esses limites garantem que a aeronave mantenha estabilidade durante o pouso, evitando mudanças bruscas de atitude que poderiam comprometer o controle pelo piloto.



FIGURA 2.7 – Trecho da rodovia com grande declividade

fonte: (PAULO, 2018)

Em rodovias, escolher um trecho que atenda aos padrões de declividade é fundamental para reduzir riscos operacionais. Inclinações inadequadas podem dificultar o controle e a desaceleração da aeronave, especialmente em trechos cuja superfície apresenta variações e ondulações típicas de rodovias. Assim, a seleção de trechos deve priorizar áreas com declividade mínima e transições suaves, a fim de proporcionar condições seguras que se aproximem ao máximo das características de uma pista convencional, facilitando o pouso e minimizando riscos em situações de urgência.

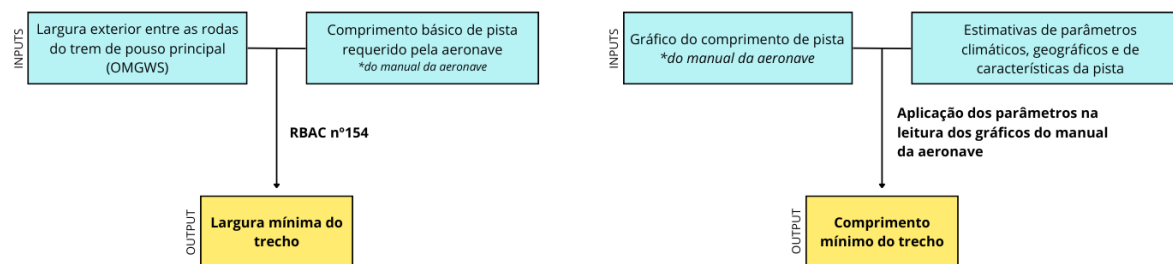
2.5 Apontamentos da revisão de literatura

A revisão da literatura aponta para diversos critérios relevantes na tomada de decisão de escolha de um trecho rodoviário adequado para pousos de aeronaves, como a largura da pista, declividade (ANAC, 2008), linearidade e ausência de obstáculos (DONATO, 2015) (ALVES, 2020). No entanto, esses critérios ainda são tratados de forma dispersa e incompleta, sem uma sistematização que guie uma análise detalhada para a seleção de locais seguros. Nesse sentido, a metodologia proposta neste trabalho, baseada em um fluxograma de verificação, organiza essas variáveis em um processo decisório estruturado, permitindo que se avaliem todos os fatores essenciais para o pouso de emergência de aeronaves de asa fixa de maneira integrada e eficiente.

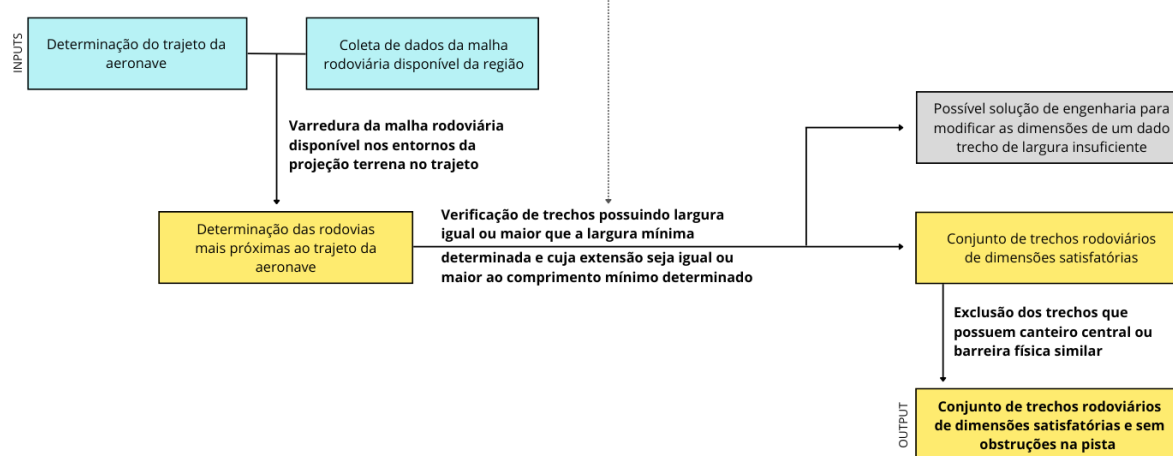
3 *Framework* proposto

O presente trabalho utiliza um método baseado em um caminho de decisão estruturado em forma de fluxograma, para identificar trechos de rodovias adequados para pousos eventuais de aeronaves de asa fixa. O método proposto é dividido em 5 etapas relacionadas às condições adequadas de pista e do entorno da rodovia. Cada uma dessas etapas envolve uma sequência de verificações, baseada na regulamentação e na literatura mencionada no capítulo anterior. A seguir, cada ponto do método é detalhado.

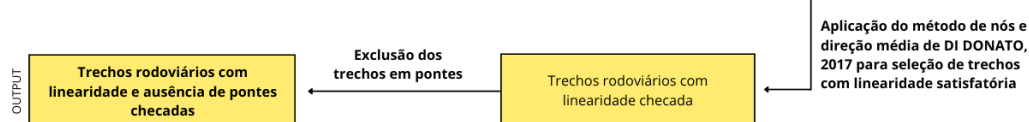
1. Cálculo das dimensões mínimas do trecho rodoviário



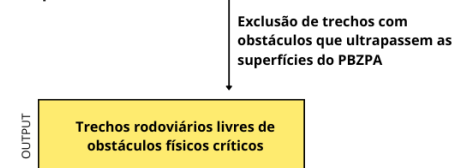
2. Verificação de rodovias adequadas próximas ao trajeto da aeronave



3. Verificação da linearidade e exclusão dos trechos em pontes



4. Verificação das superfícies do PBZPA



5. Verificação da declividade longitudinal

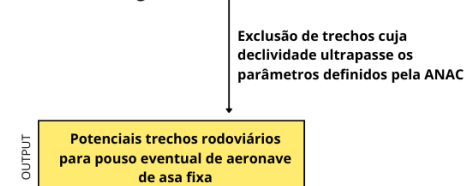


FIGURA 3.1 – Fluxograma do método proposto

fonte: Autora

Etapa 1: Cálculo das dimensões mínimas do trecho rodoviário O primeiro passo consiste na coleta de dados técnicos específicos da aeronave, incluindo:

- Largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal (OMGWS)
- Envergadura
- Comprimento básico de pista requerido pela aeronave

Com esses parâmetros, são aplicadas as recomendações da ANAC para pistas de pouso adequadas ao modelo de aeronave em questão, assegurando que a rodovia selecionada tenha largura adequada para receber a aeronave de forma segura. Além disso, a partir do comprimento básico de pista requerido pela aeronave, dos parâmetros operacionais da aeronave, dos parâmetros climáticos do local e de parâmetros da pista, temos o comprimento mínimo para o trecho a ser escolhido

Etapa 2: Verificação de rodovias adequadas próximas ao trajeto da aeronave

Após a definição dos parâmetros da aeronave, a próxima fase envolve a análise do trajeto a ser percorrido durante o voo. Este estudo considera a rota e possíveis emergências que possam exigir um pouso imediato. O objetivo é prever quais rodovias estão dentro da rota de voo, facilitando a identificação de locais potenciais para pousos emergenciais.

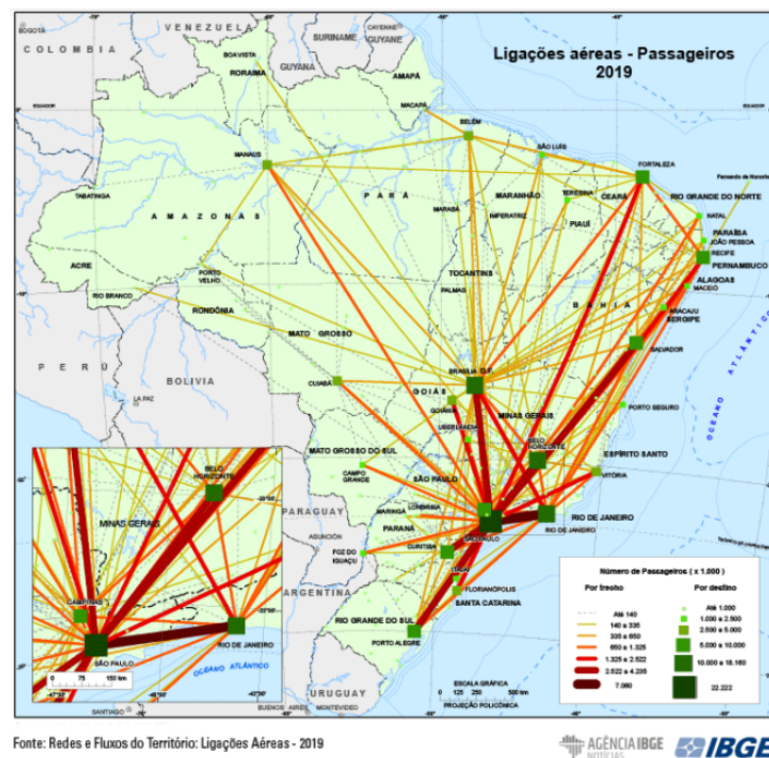


FIGURA 3.2 – Fluxo aéreo de passageiros no Brasil em 2019

fonte: ((IBGE), 2022)

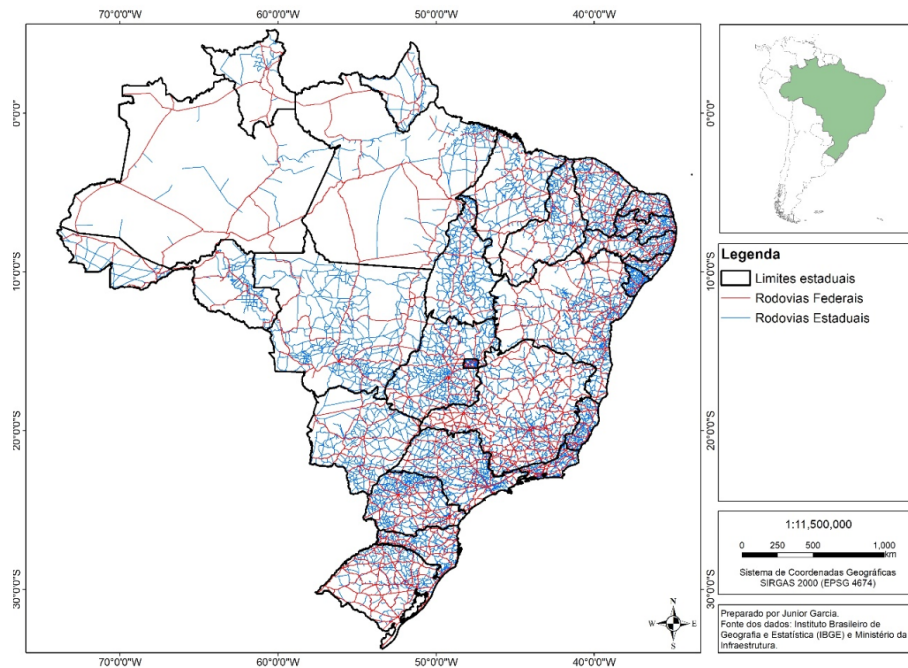


FIGURA 3.3 – Malha rodoviária federal e estadual do Brasil em 2017

fonte: (GARCIA; FILHO, 2021)

Tendo a rota de voo definida, procede-se à verificação de rodovias próximas e disponíveis no trajeto. Nessa fase, é avaliada a largura da rodovia, que deve satisfazer o valor encontrado na etapa 1. Adicionalmente, é verificada a ausência de obstáculos físicos no meio da pista, como canteiros centrais ou barreiras que possam impedir um pouso seguro.



FIGURA 3.4 – Trecho da rodovia Bandeirantes com grande largura e sem obstáculos físicos centrais

fonte: (ESTRADAS, 2023)

Etapa 3: Verificação da linearidade do trecho e da ausência de trechos em pontes

Uma vez identificada uma rodovia potencial, o próximo passo é analisar a linearidade

do trecho. O trecho selecionado deve possuir uma linearidade mínima, seguindo os critérios indicados em (DONATO, 2015). Também é crucial evitar trechos que contenham pontes. As pontes podem ser estreitas e apresentarem riscos significativos devido à sua estrutura elevada e à presença de guarda-corpos, o que tornaria o pouso muito mais arriscado.



FIGURA 3.5 – Trecho rodoviário em ponte

fonte: (ESTRADAS, 2020)

Etapa 4: Verificação das superfícies do PBZPA

Nessa etapa é verificada a presença de obstáculos nos entornos do trecho rodoviário que possam ultrapassar as superfícies do PBZPA. Tal verificação pode ser feita utilizando modelos tridimensionais gerados por satélite e câmeras terrestres e modelos das superfícies do PBZPA equivalentes para o trecho em análise.



FIGURA 3.6 – Trecho de rodovia com obstáculo físico

fonte: (NTC, 2020)

Etapa 5: Verificação da declividade do trecho

Além de ser linear, o trecho deve possuir uma baixa declividade longitudinal, de modo a minimizar o risco de perda de controle durante o pouso e a desaceleração. Para isso se deve seguir os parâmetros da ANAC informados na seção de fundamentação teórica, para aeronaves de pequeno porte, por exemplo, que requerem pistas com código numérico 1 e 2, a declividade longitudinal para cada local do trecho não pode ultrapassar 2

Esse diagrama metodológico busca garantir que o processo de escolha de rodovias para pousos eventuais de aeronaves de asa fixa seja sistemático e baseado em critérios de segurança, proporcionando uma análise detalhada e rigorosa para a tomada de decisão em situações emergenciais. Outros fatores importantes não contemplados pelo *framework* dizem respeito às condições e à estrutura do pavimento, que dependem de verificação local invasiva. Além disso, há fatores de direção de ventos locais, que devem ser verificados no momento do voo.

4 Aplicação do método em casos recentes

Neste capítulo, será apresentada a aplicação parcial do método decisório proposto, verificando a viabilidade de cada caso de pouso por meio da aplicação dos critérios definidos no *framework* desenvolvido. Embora o escopo deste trabalho seja a proposição dos princípios de análise de uma tomada de decisão, sem uma abordagem detalhada e numérica para cada etapa das verificações, a análise dos exemplos selecionados busca validar, ainda que de forma simplificada, a aplicabilidade prática do método em situações reais.

As verificações aqui descritas foram adaptadas com base em estimativas e simplificações, privilegiando a análise conceitual e qualitativa. O objetivo é demonstrar como os parâmetros propostos podem ser utilizados para identificar e avaliar potenciais trechos rodoviários para pousos emergenciais, fornecendo *insights* sobre a funcionalidade e as limitações do método em contextos operacionais.

4.1 Pouso de um Super Hércules em rodovia nacional da Índia em 2021

Em 9 de setembro de 2021, a Força Aérea Indiana (IAF) realizou um pouso de teste de um avião de transporte C-130J Super Hércules num trecho da rodovia nacional NH-925. Este trecho possui 3km de extensão e largura de pista de duas faixas com acostamento pavimentado e foi construído para ser uma instalação de pouso de emergência para aeronaves militares (INFODEA, 2021).



FIGURA 4.1 – Super Hércules em teste de pouso em rodovia nacional indiana

fonte: (SINGH, 2021)



FIGURA 4.2 – Trecho para pouso em rodovia nacional indiana NH 925A

fonte: Google Earth

Etapla 1: Cálculo das dimensões mínimas do trecho rodoviário

A inspeção do trecho através da plataforma Google Earth possibilitou a coleta dos dados de dimensão do trecho em estudo.



FIGURA 4.3 – Medição da largura do trecho para pouso em rodovia nacional indiana NH 925A

fonte: Google Earth



FIGURA 4.4 – Medição do comprimento do trecho para pouso em rodovia nacional indiana NH 925A

fonte: Google Earth

Ao consultar o manual da aeronave C-130J (LOCKHEEDMARTIN, 2001), é possível coletar informações relevantes para avaliar a adequação das dimensões da instalação para operações de pouso e decolagem. Primeiramente, destaca-se o comprimento da pista, que é de 3000 metros (9843 pés). Esse valor atende, com uma boa margem, aos requisitos operacionais da aeronave tanto para decolagem quanto para pouso, considerando condições padrão como referência. Essa estimativa é válida na ausência de detalhes específicos sobre os parâmetros climáticos, geográficos e estruturais do local, sendo uma aproximação razoável para o contexto avaliado.

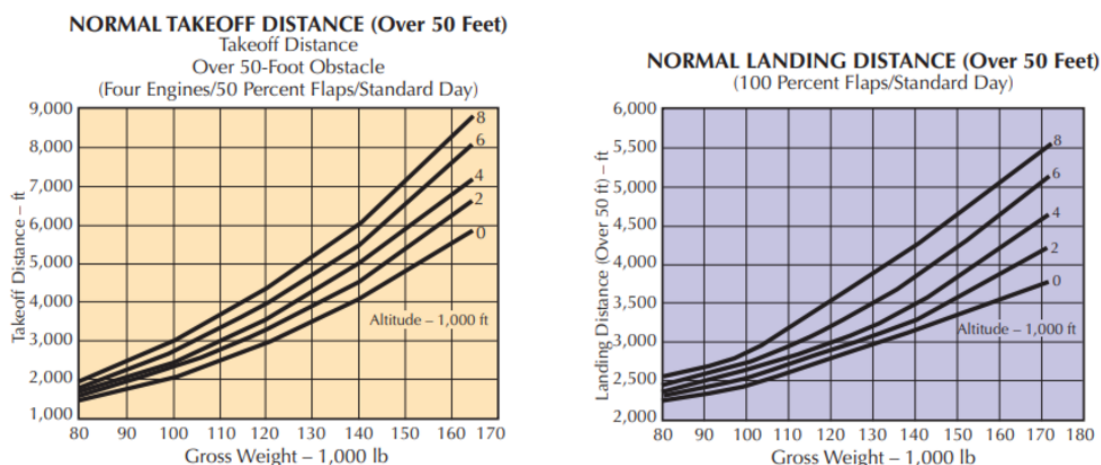


FIGURA 4.5 – Gráficos de necessidade de pista para diferentes parâmetros para performance da aeronave C-130J

(LOCKHEEDMARTIN, 2001)

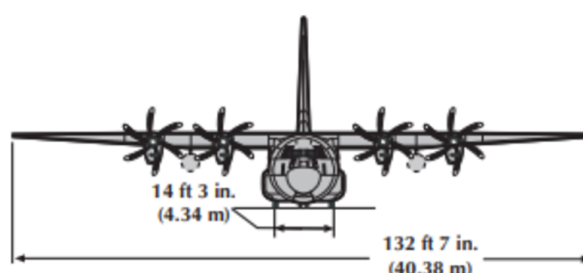


FIGURA 4.6 – Dimensões frontais da aeronave C-130J

(LOCKHEEDMARTIN, 2001)

O valor do OMGWS do C-130J é de 4.34m e pela regulamentação do RBAC, a largura máxima indicada para essa categoria é 30m, que já são satisfeitos pela largura de 33m da instalação de pouso.

Etapa 2: Verificação de rodovias adequadas próximas ao trajeto da aeronave

Esse passo é verificado positivamente a todos os voos que considerem pousar nessa instalação, sendo assim, a rodovia já está determinada.

Etapa 3: Verificação da linearidade e exclusão de trechos em pontes

Para uma verificação mais precisa da linearidade do trecho, recomenda-se a utilização do método computacional de análise de nós, conforme aplicado por Di Donato (2017) em seu estudo *“An Off-Runway Emergency Landing Aid for a Small Aircraft Experiencing Loss*

of Thrust”. Esse método apresenta maior robustez em comparação à análise visual, que se mostra insuficiente para avaliar com precisão a linearidade. No entanto, a inspeção preliminar das imagens disponíveis sugere uma linearidade razoável do trecho analisado.

Etapa 4: Verificação das superfícies do PBZPA

O método ideal para a verificação deste passo seria a simulação computacional das superfícies críticas aplicadas à área de estudo, proporcionando uma avaliação mais detalhada e técnica. Contudo, para fins de verificação preliminar e de rápida execução, optou-se pela análise visual do trecho utilizando imagens do Google Earth. Durante esta etapa, não foram identificados obstáculos significativos no entorno da rodovia que pudessem comprometer a adequação do trecho.

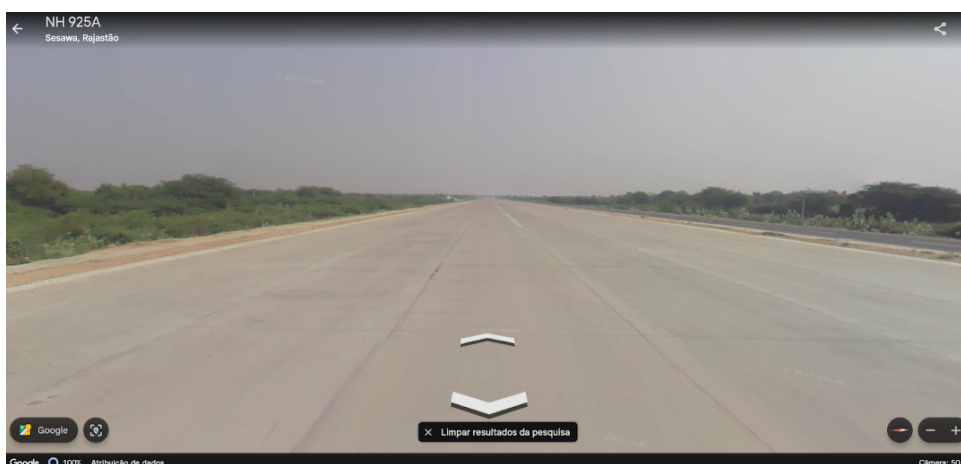


FIGURA 4.7 – Imagem dos entornos da instalação de pouso emergencial da rodovia nacional indiana NH 925A

fonte: Google Earth

Etapa 5: Verificação da declividade longitudinal

Essa verificação requer a realização de uma visita ao local de estudo para a obtenção de valores exatos, uma vez que a resolução dos dados topográficos disponíveis pode não ser suficiente para determinar a declividade do trecho estudado em intervalos de metro a metro com a precisão necessária. Porém, sendo uma instalação projetada para essa necessidade, espera-se que os valores de declividade longitudinal da estrutura sejam adequados.

Essa breve aplicação e estimativa de verificação aponta indícios de que este trecho da rodovia indiana NH 925A foi um trecho adequado para o pouso do Super Hércules (C-130J).

4.2 Pouso de aeronaves militares em rodovia pública no Arkansas, Estados Unidos em 2024

Em 4 de agosto de 2024, o Comando de Operações Especiais da Força Aérea dos EUA (AFSOC) realizou um exercício de pouso de aeronaves em uma rodovia pública, a Highway 63, no Arkansas, como parte do exercício *Emerald Warrior* (CAVOK, 2024a). A rodovia, que possui cinco pistas, foi utilizada para pousos e decolagens do *AC-130J Ghost rider*, *MC-130J Commando II* e *C-146A Wolfhound*, além do *C-130H Hercules* da Guarda Aérea Nacional. Considerando que o AC-130J apresenta configurações operacionais distintas, mas dimensões similares ao C-130J (WOOD, 2023), optou-se por adotar os mesmos valores dimensionais e operacionais presentes do manual de voo do Super Hércules (LOCKHEEDMARTIN, 2001) para ambos os modelos de aeronave. Essa aproximação se justifica pela equivalência estrutural entre eles, permitindo a aplicação dos mesmos critérios para análise de infraestrutura.



FIGURA 4.8 – AC-130J em teste de pouso em rodovia pública no Arkansas, EUA

(CAVOK, 2024b)

Etapas 1: Cálculo das dimensões mínimas do trecho rodoviário

Estima-se que o trecho utilizado para o exercício tenha sido o desvio da Rodovia 63 retratado da figura abaixo, localizado na cidade de Bono, no Arkansas. Essa escolha é fundamentada pela existência de desvios disponíveis na região, permitindo a suspensão temporária do tráfego no local para a realização do ensaio. O trecho retilíneo dessa alça possui uma extensão aproximada de 2300 m (7545,93 pés), o que o torna adequado para operações de pouso e decolagem realizadas durante o exercício

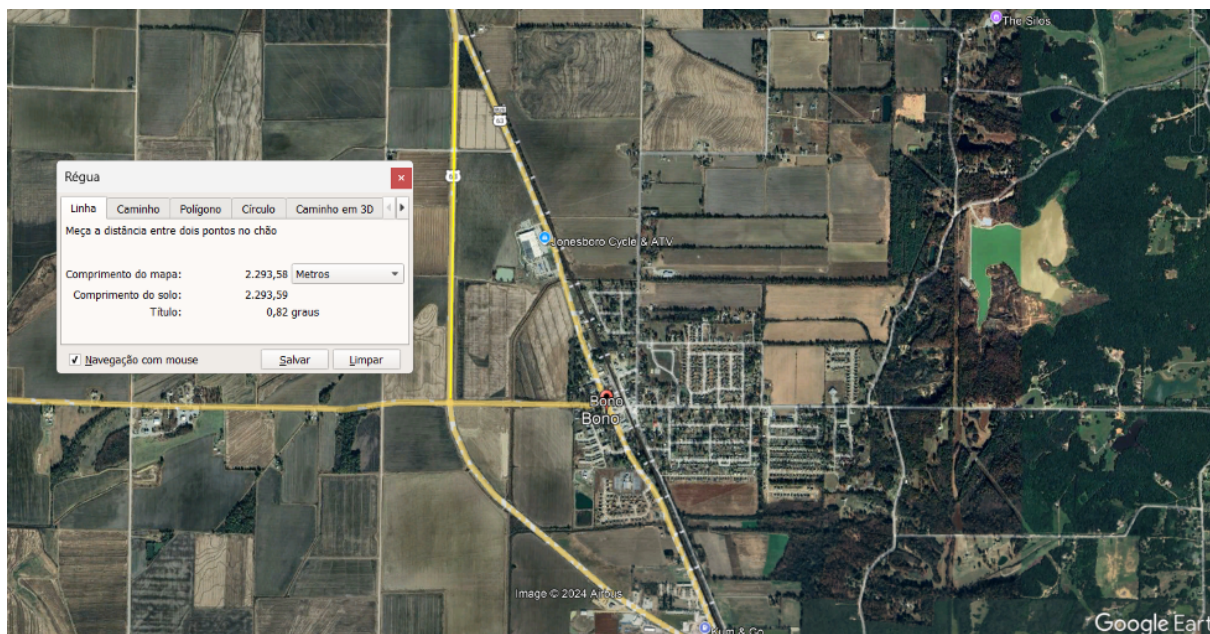
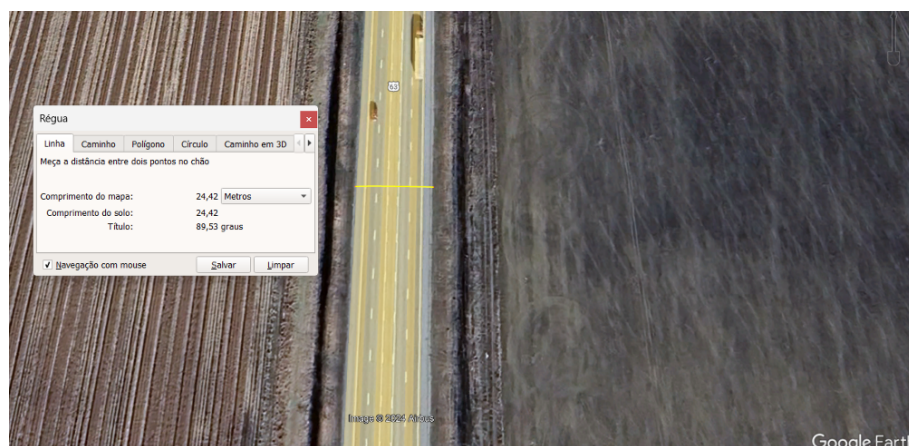


FIGURA 4.9 – Medição do comprimento do provável trecho dos pousos do exercício Emerald Warrior

fonte: Google Earth

A verificação do trecho através das ferramentas de medição do Google Earth revelaram uma largura de 24m desse segmento da rodovia.

FIGURA 4.10 – Medição da largura do trecho na *Highway 63*

fonte: Google Earth

Conforme as normas do RBAC, a largura da pista seria suficiente para aeródromos classificados como categoria 2, pois a exigência de 23 metros de largura seria atendida, segundo os critérios mencionados em 2.1. Contudo, essa classificação também exige que o comprimento básico requerido pela aeronave seja de, no máximo, 1200 metros (3937 pés). A análise do manual do C-130J revela valores distintos para as necessidades operacionais da aeronave: 5850 pés (1,78 km) para pouso e 3000 pés (0,91 km) para decolagem.

Embora não haja uma correlação clara entre as métricas apresentadas no manual e o parâmetro de comprimento básico requerido pela aeronave definido no RBAC, pode-se estimar que, para este caso, a operação de pouso estaria dentro dos parâmetros aceitáveis. No entanto, a operação de decolagem não seria recomendada devido à largura insuficiente da pista, considerando os requisitos operacionais do C-130J.

TABELA 4.1 – Comprimentos de pista requeridos pelo C-130J para diferentes situações

Takeoff Dist Over 50 ft (S/L, ISA, 164000 lb) Normal	5850 ft
Takeoff Roll (S/L, ISA, 164000 lb) Max Effort	3100 ft
Landing Dist Over 50 ft (S/L, ISA, 135000 lb) Normal	3000 ft
Ground Roll ft (S/L, ISA, 135000 lb) Max Effort	1630 ft

fonte: (LOCKHEEDMARTIN, 2001)

Com relação ao comprimento do trecho, que é de 7500 pés (2,29 km), a análise dos gráficos de performance do manual da aeronave (LOCKHEEDMARTIN, 2001) indica que as necessidades tanto para pouso quanto para decolagem são atendidas. Mesmo em cenários de alta carga, o comprimento de 7500 pés (2,29 km) é suficiente para operações realizadas em condições de baixa altitude, como no caso da cidade de Bono, localizada a aproximadamente 80 metros de altitude.

Etapa 2: Verificação de rodovias adequadas próximas ao trajeto da aeronave

Esse passo foi verificado positivamente, dado que a rodovia Highway 63 foi previamente selecionada como parte do planejamento estratégico do exercício Emerald Warrior.

Etapa 3: Verificação da linearidade e exclusão de trechos em pontes

Para verificar a linearidade do trecho, a análise preliminar das imagens da rodovia sugere uma adequação satisfatória, apresentando segmentos retilíneos suficientemente longos para as operações realizadas. A ausência de pontes no trecho foi confirmada por inspeção visual por meio de imagens do Google Earth.

Etapa 4: Verificação das superfícies do PBZPA

A análise preliminar do entorno da rodovia foi realizada por meio de imagens de satélite disponíveis, verificando-se a ausência de obstáculos que ultrapassem as superfícies críticas do PBZPA. Contudo, uma verificação detalhada seria idealmente realizada por meio de modelagem computacional tridimensional, que não foi aplicada neste caso devido às

limitações de escopo.



FIGURA 4.11 – Entorno da *Highway 63* com ausência de obstáculos significativos

fonte: Google Earth

Etapla 5: Verificação da declividade longitudinal

Assim como no caso indiano, a verificação precisa da declividade do trecho requereria medições in loco para garantir conformidade com as regulamentações da ANAC. No entanto, a *Highway 63*, sendo uma rodovia previamente selecionada para tais exercícios, é presumivelmente projetada com declividades dentro dos parâmetros aceitáveis.

Este estudo de caso demonstra que o trecho selecionado da *Highway 63*, na cidade de Bono, apresentou características potencialmente adequadas para as operações realizadas durante o exercício *Emerald Warrior* sendo um parecer não conclusivo devido à não equivalência clara entre os parâmetros utilizados no RBAC e aqueles apresentados no manual do C-130J, o que limita a precisão na avaliação de conformidade.

4.3 Pouso de aeronave médica em rodovia estadual no Alasca em 2022

Em maio de 2022, uma empresa privada especializada em transporte médico de emergência realizou um pouso de um King Air na George Parks Highway, uma rodovia estadual no Alasca (NATION, 2022). A operação foi necessária para prestar assistência a um paciente em uma área remota, onde a infraestrutura aeroportuária era inexistente. Para viabilizar o pouso, a política estadual do Alasca fechou uma grande parte da rodovia, convertendo-a temporariamente em uma pista de pouso improvisada, garantindo as condições mínimas de segurança para a aeronave.



FIGURA 4.12 – King Air em pouso médico em rodovia pública no Alasca

(FACEBOOK, 2022)

A aplicação completa do método proposto ao caso do pouso na George Parks Highway, no Alasca, enfrenta limitações significativas devido à ausência de informações precisas sobre o trecho específico da rodovia utilizado para a operação. Como o método depende de dados técnicos detalhados, como a largura e o comprimento exatos do trecho, bem como a linearidade e a presença de obstáculos próximos, a impossibilidade de identificar a localização exata impede a realização de verificações completas, como o cálculo das dimensões mínimas do trecho rodoviário e a análise das superfícies do PBZPA. Sem essas informações, é inviável assegurar que os parâmetros operacionais do King Air foram completamente

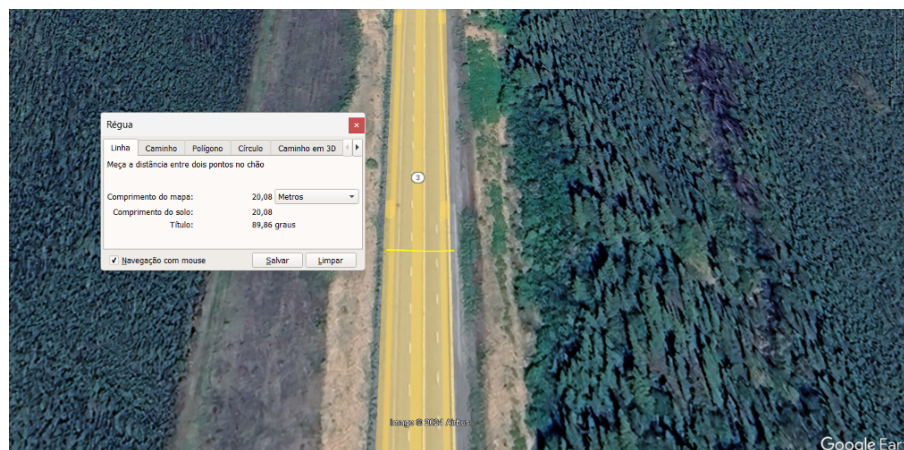


FIGURA 4.13 – Medição da largura do trecho na George Parks Highway

fonte: Google Earth

atendidos, limitando a análise a uma avaliação estimada e qualitativa. Ainda assim, foi possível verificar a largura de um trecho da rodovia, partindo do pressuposto de que o segmento efetivamente utilizado para o pouso apresenta dimensões similares, com uma largura estimada de 20 metros.

Com um OMGWS de 5.2m (AVIACO-VA, 2002) e os requisitos de pista de 4658 pés (1,42 km) (CENTEX, 2017), pode-se estimar que o código numérico do aeródromo relacionado ao King Air 200, conforme o RBAC, seria 2. Dessa forma, a largura mínima de pista necessária seria de 23 metros, conforme os critérios estabelecidos pelo regulamento. Sendo assim, a largura da pista é ligeiramente menor que a requerida pela aeronave

5 Conclusão

A investigação sobre a viabilidade do uso de rodovias como sítios de pouso para aeronaves de asa fixa em emergências revela uma alternativa promissora para a ampliação da resposta aérea em áreas de difícil acesso no Brasil. O framework proposto sistematiza a escolha de trechos rodoviários com base em critérios de segurança e eficiência operacional, visando mitigar riscos e facilitar a tomada de decisões em situações emergenciais. A falta de literatura científica sobre o tema reforça a importância deste trabalho, que oferece uma abordagem estruturada e replicável para o uso seguro de rodovias em operações aéreas. Assim, espera-se que a aplicação desta metodologia contribua para um melhor planejamento e resposta a crises, promovendo maior acessibilidade em regiões carentes de infraestrutura aeroportuária.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se a ampliação do número de critérios analisados no método, incluindo aspectos estruturais de pavimento e outros parâmetros de apoio. Além disso, é importante explorar mais profundamente as ferramentas e os procedimentos que podem ser utilizados para análise de cada etapa do método, como o uso de modelos computacionais, simulações de cenários e tecnologias de sensoriamento remoto. Essas iniciativas podem proporcionar maior precisão e segurança ao processo, aumentando a eficácia da metodologia e sua aplicabilidade em diferentes contextos operacionais.

Referências

AEROSPACE, E. **Eclipse Jet Specifications**. [S.l.], 2024. Acesso em: 8 nov. 2024. Available at: <https://www.eclipse.aero/eclipse/specifications/>.

ALVES et al. Towards an objective decision-making framework for regional airport site selection. **Journal of Air Transport Management**, 2020.

ANAC. **Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC)**. 2008. Available at: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac>. Accessed on: 8 nov. 2024.

ARO, C. **Off Airport Landings – Choosing the Right Spot and Enhancing Survivability**. Lightspeed Aviation, dec 2020. Acesso em: 8 nov. 2024. Available at: <https://www.lightspeedaviation.com/blog-posts/off-airport-landings-choosing-the-right-spot-and-enhancing-survivability/>.

AVIACO-VA. **BE20 Technical Manual**. [S.l.], 2002. Acesso em: 19 nov. 2024. Available at: http://aviaco-va.es/WP/BE20_Technical_Manual.pdfhttp://aviaco-va.es/WP/BE20_Technical_Manual.pdf.

CAVOK. **Comando de Operações Especiais dos EUA transforma rodovia rural em pista para pouso histórico do AC-130J**. 2024. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://www.cavok.com.br/comando-de-operacoes-especiais-dos-eua-transforma-rodovia-rural-em-pista-para-pouso-historico-do-ac-130j>.

CAVOK. **Comando de Operações Especiais dos EUA transforma rodovia rural em pista para pouso histórico do AC-130J**. 2024. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://www.cavok.com.br/comando-de-operacoes-especiais-dos-eua-transforma-rodovia-rural-em-pista-para-pouso-historico-do-ac-130j>.

CAVOK. **VÍDEO: Gripens suecos praticam pousos em rodovias**. 2024. Acesso em: 13 nov. 2024. Available at: <https://www.cavok.com.br/video-gripens-suecos-praticam-pousos-em-rodovias>.

CENTEX. **AFM-006-2A HW IR Reference**. [S.l.], 2017. Acesso em: 19 nov. 2024. Available at: <https://www.centex.aero/wp-content/themes/centex/assets/files/afm-006-2a-hw-ir-reference.pdf>.

COMANDO DA AERONÁUTICA. **Instrução do Comando da Aeronáutica 11-408: Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo**. 1. ed. Brasília, 2015. Disponível em:

<https://publicacoes.decea.mil.br/?i=publicacao&id=4010>. Acesso em: 14 nov. 2024.

DONATO, P. F. A. D. An off-runway emergency landing aid for a small aircraft experiencing loss of thrust. **AIAA Infotech@Aerospace**, 2015.

ESTRADAS. **Trecho de ponte presente em rodovia**. 2020. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://estradas.com.br/dnit-conclui-obras-em-ponte-na-rodovia-br-242-no-mato-grosso/>.

ESTRADAS. **Trecho da rodovia Bandeirantes**. 2023. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://estradas.com.br/usuarios-da-bandeirantes-sp-348-ganham-faixa-de-trafego-na-regiao-de-jundiai/>.

FACEBOOK. **LifeMed Alaska. Publicação de 29 de maio de 2022**. 2022. Acesso em: 8 nov. 2024. Available at: https://www.facebook.com/story.php/?story_fbid=5219826801441164id=216785001745394.

G1. **Fumaça e fogo em números: gráficos e mapas mostram tamanho da crise ambiental no país**. aug 2024. Acesso em: 8 nov. 2024. Available at: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2024/08/27/fumaca-e-fogo-em-numeros-graficos-e-mapas-mostram-tamanho-da-crise-ambiental-no-pais.ghtml>.

G1. **Temporal no RS: Força Aérea envia helicóptero de resgate e pede que ilhados façam sinalização luminosa**. apr 2024. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/04/30/temporal-no-rs-forca-aerea-envia-helicoptero-de-resgate-e-pede-que-ilhados-facam-sinalizacao-luminosa.ghtml>.

GARCIA, J. R.; FILHO, J. E. R. V. A nova geografia da agropecuária brasileira e os desafios logísticos. **Confins**, n. 50, acesso em: 8 nov. 2024, 2021. Available at: <https://doi.org/10.4000/confins.37395>.

GOV. **Governo Federal decreta estado de calamidade pública na TI Yanomami**. jan 2023. Acesso em: 8 nov. 2024. Available at: <https://www.gov.br/povosindigenas/pt-br/assuntos/noticias/2023/01/governo-federal-decreta-estado-de-calamidade-publica-na-ti-yanomami>.

HANGAR33. **Diagrama do Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo segundo a ICA 11-408 aplicadas ao aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro**. 2015. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <http://blog.hangar33.com.br/voce-sabe-o-que-e-uma-zona-de-protecao-de-aerodromo/>
<http://blog.hangar33.com.br/voce-sabe-o-que-e-uma-zona-de-protecao-de-aerodromo/>.

(IBGE), I. B. D. G. E. E. **Estudo mostra retrato do setor aéreo nacional e impactos da COVID-19**. Agência de Notícias IBGE, jun 2022. Acesso em: 8 nov. 2024. Available at: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/32525-estudo-mostra-retrato-do-setor-aereo-nacional-e-impactos-da-covid-19>.

ICAO. **Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation: Aerodromes - Volume I: Aerodrome Design and Operations. Chapter 4: Obstacle Limitation Surfaces**. 8. ed. Montreal: International Civil Aviation Organization, 2020.

INFODEA. **Shri Nitin Gadkari to inaugurate emergency landing facility on Satta-Gandhav stretch of NH-925A in Barmer, Rajasthan, tomorrow**. Infodea, 2021. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://infodea.in/highway/shri-nitin-gadkari-to-inaugurate-emergency-landing-facility-on-satta-gandhav-stretch-of-nh-925a-in-barmer-rajasthan-tomorrow/>.

LOCKHEEDMARTIN. **C-130J Super Hercules Pocket Guide**. [S.l.], 2001. Acesso em: 18 nov. 2024. Available at: <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/aero/documents/C-130J/C130JPocketGuide.pdf>.

MEDRAL. **Rodovia com canteiro central - Projeto completo de LT para Mars**. 2024. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://www.medral.com.br/medral-faz-projeto-completo-de-lt-para-mars/>.

NATION, K. A. **LifeMed Alaska Performs Incredible King Air Highway Landing**. 2022. Acesso em: 8 nov. 2024. Available at: <https://kingairnation.com/blog/lifemed-alaska-performs-incredible-king-air-highway-landing/>.

NTC, P. **Trecho da rodovia com obstáculo físico**. 2020. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://www.portaIntc.org.br/concessionaria-analisa-retrorrefletancia-de-sinalizacao-em-rodovias/>.

PAULO, G. D. E. D. S. **Rodovia com declividades longitudinais**. 2018. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://www.flickr.com/photos/governosp/26122351377/>.

PAULO, U. D. S. **Comprimento de Pista**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes - STT, 2006. Apostila. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5918118/course/section/6091447/COMPRI_pista_2006_comAvisos.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

SINGH, R. **Super Hercules em teste de pouso em rodovia nacional indiana**. X (Twitter), sep 2021. Acesso em: 19 nov. 2024. Available at: <https://x.com/rajnathsingh/status/1435883052933136388>.

SOLUTIONS, G. A. **Diagrama das superfícies limitadoras de obstáculos segundo o anexo 14 da ICAO**. 2024. Acesso em: 14 nov. 2024. Available at: <https://globalairspace-solutions.com/services/annex-14-modelling/>.

WOOD, D. **AC-130 Angel of Death: All About the Legendary Gunship**. WebFlite, oct 2023. Acesso em: 19 nov. 2024. Available at: <https://www.webflite.com/blog/ac-130-angel-of-death>.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 13 de novembro de 2024	3. DOCUMENTO Nº DCTA/ITA/TC-078/2024	4. Nº DE PÁGINAS 44
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Identificação de trechos rodoviários destinados à operação eventual de aeronaves de asa fixa			
6. AUTORA(ES): Samara Cavalcante Lemos			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELA AUTORA: 1.Pouso 2. Rodovia 3.Critério			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Pistas (de pouso e decolagem); Rodovias; Emergência:Aeronaves; Asas fixas; Infraestrutura (transporte); Segurança operacional; Tomada de decisões; Transportes.			
10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Prof. Dr. Evandro José da Silva. Defesa em 21/11/2024. Publicada em 22/11/2024.			
11. RESUMO: Este trabalho aborda a utilização de rodovias como sítios alternativos para pousos e decolagens eventuais de aeronaves de asa fixa em situações de urgência no Brasil. Considerando as limitações de infraestrutura aeroportuária em áreas remotas, propõe-se um framework que sistematiza a tomada de decisão para a seleção de trechos rodoviários adequados, com base em critérios como largura da pista, linearidade, declividade e ausência de obstáculos físicos. O trabalho se propõe a ser um compilado acadêmico e sistematizado de informações previamente dispersas, preenchendo uma lacuna significativa na literatura sobre o tema e revelando a necessidade de um estudo que integre essas informações de maneira abrangente e técnica. A metodologia apresentada visa fornecer uma base sólida para decisões operacionais seguras em emergências, contribuindo para a ampliação da cobertura de resposta aérea e para a adoção de práticas observadas em outros países, como a Suécia e os Estados Unidos.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () SECRETO			