

# OS CRITÉRIOS DE ESCOLHA DE LOCAL PARA A CRIAÇÃO DE AERÓDROMOS VISANDO A SEGURANÇA DE VOO<sup>1</sup>

## *THE CRITERIA FOR SITE SELECTION FOR THE CREATION OF AIRFIELDS FOR FLIGHT SAFETY*

Davi de Andrade Bianchi<sup>2</sup>  
Renata Belluzzo Zironi Mori\*

### RESUMO

A segurança de operações aéreas é assunto de fundamental importância para a Força Aérea Brasileira. Sua manutenção depende de diversos fatores tais como o risco de fauna, o clima da região, a flora ao redor da área, a presença de edifícios próximos, entre outros. Tais fatores são característicos da região onde foi construído o aeródromo. Assim a localização dos aeródromos tem estreita relação com a segurança de voo. Entretanto, muitas vezes nem todos esse fatores podem ser atendidos e o decisor deve priorizá-los na decisão da localização. Diante disso, o presente artigo tem como objetivo relacionar os critérios de escolha do local para a construção de um aeródromo sob a luz dos fundamentos da segurança de voo, bem como priorizá-los de acordo com a sua importância relativa para decisões de localização. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com a finalidade de identificar os principais critérios na escolha do local da construção de um aeródromo seguida de uma análise multicritério utilizando o Analytic Hierarchy Process (AHP). A utilização do AHP teve a intenção de priorizar os critérios de acordo com a sua devida importância relativa para a definição da localização do aeródromo. Espera-se, ao final do desenvolvimento da pesquisa aqui delineada, agregar conhecimento para futuras análises de localização de aeródromos.

**Palavras-chave:** Análise Multicritério; Aeródromo; Segurança de Voo; Localização de Facilidades.

### ABSTRACT

The safety of air operations is a matter of fundamental importance for the Brazilian Air Force. Its maintenance depends on several factors such as the wildlife hazard, the climate of the region, the vegetation around the area, the presence of nearby buildings, among others. Such factors are characteristic of the region where the aerodrome was built. Thus, the location of aerodromes is closely related to flight safety. However, many times not all of these factors can be met and the decision maker must prioritize them in the location decision. of flight safety, as well as prioritize them according to their relative importance for location decisions. For that, a bibliographical research was carried out with the purpose of identifying the main criteria in the choice of the site of the construction of an aerodrome followed by a multicriteria analysis using the Analytic Hierarchy Process (AHP). The use of the AHP was intended to prioritize the criteria according to their due relative importance for defining the location of the aerodrome. At the end of the development of the research outlined here, it is expected to add knowledge for future aerodrome location analyses.

**Keywords:** Multicriteria Analysis; Aerodrome; Flight Safety; Facility Location.

---

1 Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

2 Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Orthrus, 2023).

\* Profa. Dra. Mestrado em Engenharia de Produção. Doutora em Engenharia Mecânica. Academia da Força Aérea. E-mail: [renatarbzm@fab.mil.br](mailto:renatarbzm@fab.mil.br).

## INTRODUÇÃO

Um aeródromo é definido como toda área de terra, água ou flutuante, destinada à chegada, partida e movimentação de aeronaves, podendo este ser privado ou público, civil ou militar. (BRASIL, 1986). A construção de um aeródromo é uma tarefa complexa que exige uma análise completa a partir de diferentes ópticas de visualização do projeto, de forma a verificar os aspectos operacionais e, principalmente, os aspectos relativos à segurança da operação aérea.

Diversos critérios devem ser analisados no momento da escolha de um local para a construção de um aeródromo, principalmente em relação à segurança de voo, de forma que garanta a proteção das instalações e principalmente dos indivíduos atuantes nesse cenário.

Desde o início da história da aviação, é possível perceber que houve um aumento exponencial no desenvolvimento tecnológico das aeronaves, gerando novos vetores com uma maior capacidade de transporte e de performance. Atrelado ao crescimento da atividade aérea, houve um aumento no número de acidentes aeronáuticos. Segundo o Cenipa (2021), 41% dos acidentes, incidentes e incidentes graves no cenário brasileiro são decorrentes das fases de voo: táxi, pouso e decolagem.

Apesar de atual, a preocupação quanto à segurança dos aeródromos em relação as operações aéreas data do século passado. Em 1919, aviadores e estudiosos reuniram-se em Paris para discutir a regulamentação da navegação aérea, com a intenção de padronizar a operação de aeronaves. Entretanto, foi apenas em 1944 que representantes de 55 países, durante a convenção de Chicago, padronizaram as bases do Direito Aeronáutico Internacional e determinaram a criação da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). A OACI foi responsável pelas padronizações e regulamentações aéreas mundiais, que são sendo seguidas até hoje pela maioria dos países do mundo (FRANCISCONE, 2023).

Para que seja possível garantir uma elevada segurança de voo na operação de um aeródromo, é necessário observar diversos fatores do local, como a sua exposição ao risco de fauna, a proximidade com a população urbana, a ocorrência de fatores meteorológicos, entre outros.

Diante disso, a principal questão acerca desse tema é: quais são os critérios prioritários a serem considerados na definição da localização de um aeródromo com vistas à segurança de voo? Neste sentido, o enfoque aqui será dado às operações de pouso e decolagem, uma vez que são as fases de voo que representam os maiores índices de acidentes.

A fim de responder essa pergunta, o presente artigo tem o objetivo geral de priorizar os critérios utilizados na definição da localização de um aeródromo com vistas à garantia da segurança de voo, em especial nas operações de pouso e decolagem.

Dessa forma, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

a) identificar quais os principais critérios a serem considerados na definição da localização de um aeródromo.

b) realizar uma análise multicritério, utilizando o Analytic Hierarchy Process (AHP) com o objetivo de priorizar os critérios analisados para definição da localização de um aeródromo de acordo com seu nível de importância.

Pretende-se com esse artigo aumentar o nível de consciência acerca da segurança de voo e agregar para a cultura aeronáutica com relação a segurança de aeródromos visando à integridade de todos os indivíduos relacionados com a atividade aérea ou não.

## **1 REFERENCIAL TEÓRICO**

Segundo o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), um aeródromo é toda área destinada ao pouso, decolagem e movimentação de aeronaves. Podem ser classificados em civil e militar sendo que os primeiros ainda podem ser classificados em públicos e privados (BRASIL, 1986). Para um aeródromo ser construído são necessárias análises específicas detalhadas do local escolhido em relação a diversos fatores, tais como o controle de tráfego aéreo, a meteorologia da área, a geografia e o meio ambiente. Além disso, é necessário atender às diversas exigências de normas e regulamentos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), assim como do Departamento do Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (DECEA) e de Órgãos Internacionais como a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI); (BRASIL, 2021).

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - RBAC nº 154 Projeto de Aeródromos de 2021, recomenda diversos critérios que devem ser analisados e considerados para garantir um nível de segurança das operações de um aeródromo, de forma a proporcionar um espaço livre de obstáculos e diminuir os riscos aos indivíduos e aeronaves em caso de um acidente. Como exemplo é possível citar as dimensões mínimas das pistas de pouso e as características dos pavimentos (BRASIL, 2021).

Dessa forma, leva a crer que definir corretamente a localização de um aeródromo durante a fase de planejamento é imprescindível para se obter um maior grau de segurança na operação das aeronaves e do pessoal de solo.

Segundo dados do Centro de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos, é possível identificar que as fases mais críticas para uma operação aérea são as de pouso e decolagem, uma vez que representam 41% dos acidentes registrados (BRASIL, 2021).

Para isso, é necessário realizar uma análise dos principais critérios que dependem da localização e que afetam diretamente a segurança de voo de um aeródromo. Entretanto, essa análise não é simples, uma vez que é necessário elencar e priorizar os principais fatores de forma a facilitar o entendimento acerca do tema.

Este artigo será embasado em regulamentações padronizadas internacionalmente, utilizando do método multicritério em especial o processo de análise hierárquica (AHP) para que consiga elencar e priorizar os critérios escolhidos de forma a criar uma base hierárquica sem que existam vieses na escolha.

## 1.1 PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

Os métodos multicritérios são técnicas de apoio à decisão, que ajudam a solucionar problemas que possuem vários critérios muitas vezes conflitantes, com múltiplas ações possíveis, incertezas, várias etapas, e diversos indivíduos afetados pela decisão. (GONÇALVES; PINHEIRO; FREITAS, 2003).

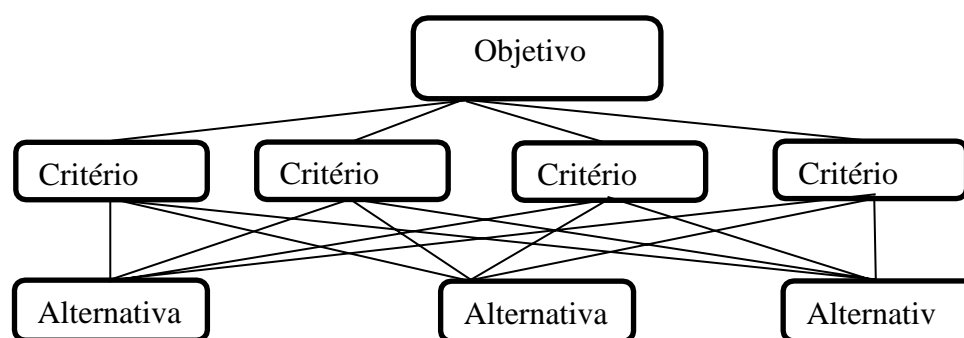
Métodos multicritérios têm sido muito utilizados na solução de problemas de tomada de decisão, uma vez que procuram esclarecer ao decisor as possibilidades de escolhas. Além disso, apoiam o processo decisório, embasado nas informações existentes, incorporando valores dos agentes, na busca da melhor solução (CAMPOS, 2011).

Dentre os vários métodos multicritérios identificados na literatura, está o AnalyticHierarchy Process (AHP) que foi desenvolvido por Tomas L. Saaty no início da década de 70, sendo considerado o método mais amplamente utilizado na tomada de decisão na resolução de problemas com diversos critérios (JORDÃO, 2006).

O método AHP divide o problema geral em avaliações de menor complexidade, enquanto mantém, ao mesmo tempo, a participação desses problemas menores na decisão global. Assim, ao encarar um problema complexo, é mais fácil dividi-lo em outros menores, porque, quando solucionados individualmente e depois somados, estes representam a decisão do problema inicial buscada (SILVA, 2007).

De acordo com Costa (2002) o processo de análise hierárquica é baseado em três principais etapas:

1) Construção de hierarquias: para facilitar a compreensão e simplificar a avaliação dos critérios, o método AHP estrutura o problema em níveis hierárquicos. No primeiro nível é exposto o problema geral, no segundo os critérios de decisão e no terceiro as alternativas necessárias para resolver o problema. Quando é necessário a divisão dos critérios e subcritérios é possível a inclusão de mais nível da estrutura hierárquica. A figura 1 representa uma estrutura hierárquica genérica.



**Figura 1** – Estrutura Hierárquica do AHP  
Fonte: SAATY (1996)

2) Definição das prioridades: Esta etapa é baseada na capacidade de perceber o relacionamento entre objetos e compará-los par a par de acordo com um determinado foco, critérios ou julgamentos paritários (SANTOS, 2008).

Segundo Saaty (2000), “o ser humano tem a habilidade de perceber as relações entre as coisas que observa, comparar pares de objetos similares à luz de certos critérios, e discriminar

entre os membros de um par através do julgamento da intensidade de sua preferência de um elemento sobre o outro” (TREVIZANO; FREITAS, 2005, p. 2).

Para que seja possível a definição de prioridades, é necessário que ocorram os julgamentos paritários. Esta técnica permite que os critérios de decisão sejam comparados dois-a-dois por especialistas de acordo com a escola fundamental de Saaty (tabela 1).

**Tabela 1** – Escala fundamental de Saaty

<b>Escala Numérica</b>	<b>Escala Verbal</b>
1	Mesma importância
3	Importância moderada um sobre o outro
5	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2,4,6,8	Valores intermediários

Fonte: Passos (2010, p. 43)

Neste sentido, cada especialista realizará  $n*(n-1)/2$  comparações paritárias onde  $n$  é o número de critérios pertencentes a um mesmo nível na estrutura hierárquica

A partir da realização das análises paritárias, é possível a elaboração da matriz de julgamentos (E1). Uma das características dessa matriz é que a sua diagonal principal é unitária, dessa forma é possível dizer que quando um fator é comparado consigo mesmo deve produzir um resultado de mesma importância. E, devido a reciprocidade da matriz é possível perceber que um elemento A tem um valor X em relação ao elemento B, logo o valor de B para A é de  $1/X$ .

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (E1)$$

Fonte: Saaty, 1996

Dessa forma, serão geradas matrizes de julgamentos para cada um dos especialistas que realizaram as análises paritárias. Essas matrizes devem, então, serem combinadas com a finalidade de gerar uma matriz resultante da análise. Essa agregação das matrizes pode ocorrer

de duas formas: através da Agregação individual de julgamentos (AIJ) ou através da Agregação individual de prioridades (AIP).

A primeira forma de agregação consiste em agregar julgamentos individuais em relação a cada conjunto de comparações de pares para produzir uma hierarquia de agregados. Neste sentido, a matriz resultante é obtida por meio da média geométrica dos elementos de cada uma das matrizes individuais. Já a segunda, visa sintetizar cada uma das hierarquias individuais e agregar as prioridades resultantes sendo que, neste caso, é utilizada a média aritmética (CARMO, 2013).

Neste artigo será utilizada, para o cálculo da matriz resultante, a agregação individual de julgamentos.

Após a sua elaboração, a matriz resultante será, então, normalizada com o objetivo de padronizar os julgamentos, pois eles precisam estar em uma escala de mesma razão. O processo de normalização da ocorre por meio da divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da sua respectiva coluna.

Depois da normatização da matriz, é realizado o cálculo das médias de cada uma das linhas da matriz. Os resultados obtidos representam as prioridades média local de um determinado critério para a decisão a ser tomada pelo decisor.

No caso dos subcritérios, ainda é necessário calcular a Prioridade Global, que é o produto da multiplicação da Prioridade Média Local do subcritério pela Prioridade Média Local do critério em que está vinculado. Assim, este cálculo irá representar o peso do subcritério Y dentro do critério X para alcançar o objetivo. A equação E2 representa este cálculo.

$$PG = PML(\text{subcritério}) \times PML(\text{critério}) \quad (E2)$$

É importante salientar que os critérios que não possuem subcritérios vão ter o valor da Prioridade Global o mesmo da Prioridade Médio Local.

Vale ressaltar que não é objeto deste artigo realizar avaliação de alternativas, de forma que o processo AHP será utilizado para estabelecer as importâncias relativas dos critérios e subcritérios, por meio das Prioridades Médias Locais e Globais.

3) Análise da Consistência lógica: segundo Taylor (2010), o método AHP utiliza comparações paritárias por tomadores de decisão que determinam as preferências das alternativas utilizando critérios distintos. Entretanto, é importante ressaltar que pode haver inconsistências mesmo que os profissionais possuam experiência e competência. A chance de

isso ocorrer em um sistema é proporcional a ordem da matriz de julgamentos. Para facilitar o entendimento do significado da consistência lógica, basta associar que se o critério X é mais importante que o critério Y e o Y mais importante que o Z, logo o critério X deve ser mais importante que o Z.

Para verificar a consistência lógica, o AHP calcula a Razão de Consistência dos julgamentos (RC) da forma apresentada pela E3.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (E3)$$

Fonte: Meier; Mori, 2021, p.03

Sendo (IR) o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem n, com elementos não-negativos e gerada randomicamente e (IC) é o Índice de Consistência calculado segundo a equação E4, sendo  $\lambda_{\max}$  o maior autovalor da matriz de julgamentos (TREVIZANO; FREITAS, 2005)

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)} \quad (E4)$$

Fonte: Meier; Mori, 2021, p.03

Segundo Vargas (2010) os valores do Índice de Consistência Randômico dependem do número n da ordem das matrizes e estão descritos na tabela a seguir.

**Tabela 2** – Tabela do Índice de Consistência Aleatória

<b>n</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>IR</b>	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (2005)

2010). A matriz será considerada consistente se a razão for menor que 10% (VARGAS,

Saaty (1980) observa que “a hierarquia em si não é uma poderosa ferramenta no processo de tomada de decisão, uma vez que simplesmente representa as relações entre os diferentes critérios e subcritérios de um problema” (p.89). A importância de critérios, subcritérios, e alternativas é obtida através de comparações em pares. Estas comparações geram o valor numérico conforme interpretação da tabela fundamental.

## 2 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo aqui proposto, inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica por meio da análise de documentos, teses, revistas acadêmicas e livros que abordam os principais critérios que devem ser observados no momento de escolha de um local para construção de um aeródromo com vistas à segurança de voo. A revisão bibliográfica teve como objetivo elencar os critérios fundamentais para determinação da localização para a construção de aeródromos segundo a luz da segurança de voo.

Os critérios definidos foram, então, priorizados por meio do Processo de Análise Hierárquica ou *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

A atribuição de pesos a cada um dos critérios que compõem a análise permite avaliar cada um dos elementos dentro da hierarquia proposta. Além disso, transformar dados qualitativos em valores quantitativos por meio de modelagens matemáticas é um dos principais diferenciais do AHP, quando comparado a outros métodos de apoio à tomada de decisão (VARGAS, 2010, p.23).

Para tanto, foi realizada uma pesquisa de opinião com 6 militares pertencentes ao Quadro de Oficiais Aviadores, 2 Suboficiais e 1 Segundo-Sargento que possuem conhecimento na área de segurança de voo, aqui denominados especialistas. A pesquisa de opinião utilizou, para a realização das análises paritárias, planilhas eletrônicas (disponível no apêndice A) desenvolvidas para este fim.

Apesar do AHP permitir a avaliação de alternativas de localização, não foi objetivo deste artigo realizar tal avaliação. Assim, o escopo desta pesquisa restringiu-se a definir os pesos relativos com que cada critério/subcritério devem ser considerados nas análises de localização.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após uma revisão dos principais documentos envolvendo ANAC, DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo), CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) e artigos acadêmicos envolvendo este tema, foi possível destacar os principais critérios que devem ser observados na escolha da localização de um aeródromo. São eles:

- Gerenciamento do Risco de Fauna
- Estudo Meteorológico do Local

- Topografia
- Urbanismo

### **3.1 Risco de Fauna**

Segundo dados do CENIPA (2021) foram feitos 11.148 reportes via Ficha CENIPA 15 (FC15) no ano de 2021, sendo 2.731 relatos de colisões com aves, representando 24,5% do total de fichas preenchidas no ano de 2021.

Isto permite dizer que o risco aviário apresenta reais riscos à navegação aérea, principalmente em situações próximas a decolagem e pouso de aeronaves. A ANAC (2016) em sua Cartilha Demandas e Orientações sobre Aviação Civil destaca dois instrumentos importantes para regulagem do risco de fauna em torno do aeródromo, são eles: Identificação do Perigo de Fauna (IPF) e o Programa de Gerenciamento do Risco da Fauna (PGRF).

O IPF conforme o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (2021) representa uma “abordagem preliminar do problema, na qual são identificadas as espécies de fauna presentes no aeródromo e no seu entorno que provocam risco às operações aéreas, os principais focos de atração, e em que são definidas e priorizadas as medidas adotadas para a redução do risco” (p.1).

Já o PGRF é feito a partir dos resultados do IPF, descrevendo para o operador diversos procedimentos que devem ser inseridos na rotina operacional do aeródromo, com o objetivo de reduzir progressivamente o risco de colisão entre aeronaves e animais durante as operações ocorridas no aeródromo (BRASIL, 2016).

O Risco de Fauna pode ser analisado a partir dos seguintes subcritérios.

#### **3.1.1 Proximidade com lixões ou aterros sanitários**

Segundo a Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi estabelecido diretrizes para a gestão adequada dos resíduos sólidos e incentivou a substituição dos lixões por aterros sanitários. De acordo com a PNRS, os municípios brasileiros têm a obrigação de elaborar e implementar seus planos de gestão de resíduos sólidos, buscando a redução, reutilização, reciclagem e destinação final adequada dos resíduos.

No entanto, é importante ressaltar que a implementação e cumprimento da legislação podem variar em diferentes regiões do Brasil. Algumas localidades podem enfrentar desafios

na adoção das práticas adequadas de gerenciamento de resíduos, o que pode resultar na continuidade de operações de lixões ou na utilização de aterros sanitários que não estejam em conformidade com os requisitos da PNRS.

Lixões, ou aterros sanitários não adequados, podem representar riscos significativos para a atividade aérea, uma vez que podem atrair animais selvagens, como aves de rapina, gaviões e urubus, que buscam alimento nos resíduos depositados. Esses animais podem entrar em conflito com aeronaves em voos nas fases mais críticas de decolagem e pouso, representando um risco real para a segurança de voo.

### **3.1.2 Presença de animais nas proximidades do aeródromo**

Um estudo de campo de risco de fauna nas proximidades de um aeródromo tem como objetivo avaliar a presença e o comportamento de animais na região, identificando quais espécies podem representar um risco para a aviação e desenvolvendo estratégias para mitigar esse risco. O CENIPA possui o Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna (MCA 3-8) que tem o objetivo de padronizar métodos e procedimentos atrelado com a organização em operação de um determinado local, preferencialmente dentro do escopo de um Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna (PGRF) (BRASIL, 2017).

A causa e a magnitude do problema enfrentado por um aeródromo dependerão de muitos fatores, como o tipo e o volume do tráfego aéreo, as populações de fauna local e migratória, o peso, a abundância, os hábitos de voo as condições de habitat das aves na área. A fauna geralmente é atraída pela existência de alimento, água ou abrigo disponível no aeroporto ou no seu entorno. Esses fatores, combinados à alta velocidade, ao baixo ruído e à vulnerabilidade das aeronaves modernas são a base do problema de colisões de aves com aeronaves (ANAC, 2022, p.1).

### **3.1.3 Proximidade com focos atrativos**

A proximidade de um aeródromo com focos atrativos de fauna pode ter implicações na segurança de voo, pois a presença de animais próximos à pista de pouso pode representar riscos significativos para as aeronaves. Uma vez que colisões nas fases de aproximações para pouso são críticas e exige uma rápida resposta do piloto em comando. Dessa forma, é necessário observar a localização da construção de um aeródromo e evitar a proximidade com esses focos.

Segundo o Manual de Boas Práticas no Gerenciamento do Risco de Fauna (2022), são listados alguns desses focos atrativos de fauna a seguir:

Áreas gramadas, presença de aparas de vegetação e outras áreas verdes como áreas de paisagismo, árvores frutíferas ou fragmentos de vegetação, além de árvores mortas ou galhos secos que sirvam como poleiro e local de observação de aves; colmeias, cupinzeiros, formigueiros e outros insetos que atraiam fauna; pequenos répteis, anfíbios e mamíferos que possam servir de alimento para outras espécies; acúmulos de água ou matéria orgânica em sistemas de drenagem; dispositivos de esgotamento sanitário; lagos, áreas alagadiças e eventuais acúmulos de água; disposições inadequadas de resíduos sólidos; edificações, equipamentos e demais implantações que possam proporcionar abrigo ou ponto de observação para a fauna; e fragilidades no sistema de proteção (ANAC, 2022, p.10).

### **3.1.4 Características meteorológicas locais**

De acordo com o CENIPA (2021) foram registrados 590 acidentes, 423 incidentes graves e 2106 incidentes na área de aeródromos da aviação civil brasileira, totalizando 3119 ocorrências em aeródromos no período entre 2010 e 2019, sendo 2,16% dos acidentes tiveram como fator contribuinte condições meteorológicas adversas (BRASIL, 2021).

Antes da construção de um aeródromo, é importante realizar um estudo meteorológico detalhado do local para garantir a segurança das operações de voo. Esse estudo deve considerar diversos fatores, como as condições climáticas locais, as direções e intensidades do vento e a visibilidade do local (MEDEIROS, 2016).

O escoamento do ar é altamente influenciado pelos aspectos geográficos e pelo estado de aquecimento da superfície adjacente, o que por vezes provoca bruscas variações na direção e na velocidade, denominadas por rajadas (VIANELLO, 1991).

Segundo Vianello (1991), os fatores climáticos são as características naturais geográficas do local, tais como altitude, maritimidade, latitude e longitude, vegetação e também as atividades humanas desenvolvidas que afetam diretamente os aspectos climatológicos da localidade.

O estudo meteorológico do local do aeródromo deve ser realizado por especialistas em meteorologia e pode envolver a coleta de dados por meio de estações meteorológicas, balões meteorológicos, radares meteorológicos e outras ferramentas de análise.

Esse estudo utiliza, também, dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que é o único órgão público federal de previsão meteorológica no país, além de ser representante permanente da Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Dessa forma, O INMET é responsável pelo tráfego das mensagens coletadas pela rede de observação meteorológica da América do Sul e os demais centros meteorológicos que compõem o Sistema de Vigilância Meteorológica (BRASIL, 2022).

É importante lembrar que as condições meteorológicas são um fator crucial para a segurança de voo, e a realização de um estudo adequado pode ajudar a evitar acidentes e garantir operações seguras e eficientes no aeródromo.

### **3.1.5 Topografia**

A topografia no entorno do aeródromo até um raio de cerca de 25km é um fator de suma importância, pois serão sobrevoados pelas aeronaves nos procedimentos por instrumentos (sem contato visual como solo) de aproximação para pouso e saída após decolagem. Assim, o relevo e os obstáculos destas áreas não devem consistir em restrições à operação segura das aeronaves. (ANAC, 2012).

A topografia de uma região pode acarretar em problemas visto que a mesma pode afetar a segurança de voo de um aeródromo, como por exemplo através de obstáculos e barreiras naturais ou artificiais, e por meio de ventos ou drenagens. Para avaliar e mitigar esses riscos, é necessário realizar um estudo detalhado da topografia do terreno e considerar as condições locais de vento, drenagem e visibilidade. Esse estudo é geralmente realizado como parte do processo de planejamento e construção de um novo aeródromo ou de uma expansão de um aeródromo existente.

A topografia é um dos subitens do Capítulo 6 de Manual De Projetos Aeroportuários desenvolvido pela equipe do Departamento de Investimentos (DINV), em parceria com o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) (BRASIL, 2021).

### **3.1.6 Urbanismo**

O planejamento urbano inadequado pode levar a conflitos entre as atividades urbanas e a segurança de voo, criando riscos para a população e para os tripulantes. A construção de edifícios altos nas proximidades de um aeroporto pode interferir na trajetória de voo das aeronaves e criar obstáculos para as operações de pouso e decolagem. Um dos tópicos do Manual de Projetos Aeroportuários (2021) é o urbanismo, sendo considerado um fator que pode acarretar riscos para a atividade aérea, como o risco baloeiro e a incidência de laser.

A influência do urbanismo sobre a atividade aérea pode ser avaliada de acordo com os seguintes subcritérios:

### **3.1.7 Risco Baloeiro**

Lançar balões não tripulados de ar quente pode parecer inofensivo, mas é uma atividade que apresenta riscos significativos para a segurança pública e o meio ambiente. Quando lançados, os balões podem causar incêndios em áreas florestais, danificar a rede elétrica, prejudicar a aviação e poluir o ambiente.

Uma colisão envolvendo aeronave e balão pode resultar na inoperância de sistemas, danos estruturais que afetem a aerodinâmica, perda de comandos de voo e inclusive provocar o resultado mais trágico: a queda da aeronave, o que pela sua própria natureza acarretaria consequências de dimensões incalculáveis e irreparáveis, sendo a perda de vidas a maior delas (DEFAVARI, 2018, p.18).

No Brasil, esta prática é considerada crime segundo o art. 261 do Código Penal por expor a perigo embarcação ou aeronave, própria ou alheia, ou praticar qualquer ato tendente a impedir ou dificultar navegação marítima, fluvial ou aérea, com a pena de reclusão de dois a cinco anos.

Segundo o site do CENIPA (2022), é estimado que 100 mil balões são soltos a cada ano, sendo que os estados que lideram os índices de avistamento de balões não tripulados de ar quente são Rio de Janeiro e São Paulo. Vale ressaltar que, em muitos lugares do Brasil, é tradição lançar balões de ar quente não tripulados, principalmente em períodos festivos como festas juninas e festivais religiosos.

O impacto de um balão contra uma aeronave, pontualmente considerado, não é a única preocupação, mas sim a parte da aeronave que sofrerá a colisão, pois a ingestão do balão e de seus acessórios, por algum dos motores, pode ensejar, desde um simples apagamento involuntário até um incêndio no conjunto propulsor de uma aeronave, cujas consequências podem ser imprevisíveis e são inaceitáveis para a aviação regular nacional e estrangeira que opera em espaço aéreo brasileiro (CENIPA, 2013, p. 23).

### **3.1.8 Raio Laser**

Com relação a incidência de lasers, vale ressaltar que a fase de aproximação e pouso são as etapas mais críticas para a atividade aérea, uma vez que representam 50,5% dos 590 acidentes registrados entre 2010 e 2019 segundo dados do CENIPA. (BRASIL, 2021)

Luzes indesejadas na cabine de pilotagem durante um procedimento afetam a consciência situacional dos tripulantes, particularmente durante a noite, quando instintivamente os pilotos tentarão identificar de onde provêm as emissões luminosas, expondo-se a riscos imensuráveis (INFRAERO, 2010).

Dessa forma, é possível perceber que lasers incidindo contra uma aeronave durante a fase de aproximação para o pouso ou durante uma decolagem afetam diretamente a segurança

de voo, uma vez que distraem e atrapalham a visão do piloto nas fases mais críticas do voo.

### **3.1.9 Adensamento populacional**

O adensamento populacional em áreas próximas a aeroportos pode afetar a segurança de voo de diferentes maneiras, uma vez que obstáculos físicos podem gerar interferência nas rotas de voo.

A crescente ocupação em torno do aeródromo pode ocasionar um aumento do número de construções que prejudicam a operação aérea. Essas edificações são consideradas OPEAs - Objeto Projetado no Espaço Aéreo, que segundo a definição do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) “podem ser edificações comerciais ou residenciais, torres, mastros, galpões, linhas de transmissão de energia, ou parques eólicos, dentre outros, cujas dimensões se projetem no espaço aéreo e possam causar efeito adverso nas superfícies limitadoras de obstáculos (OLS)” (BRASIL, 2022, p. 1)

As restrições impostas no entorno dos aeródromos visam promover operações seguras, por se tratar de uma área particular, e são definidas pelo Comando da Aeronáutica (COMAER), seguindo orientações da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), da qual o Brasil é membro. Todos os aeródromos, sem exceção, estão sujeitos às regras quando se trata da Zona de Proteção de Aeródromos (ZPA), onde a área de proteção é maior do que o Sítio Aeroportuário (JALIL; SILVA, 2021, p.2).

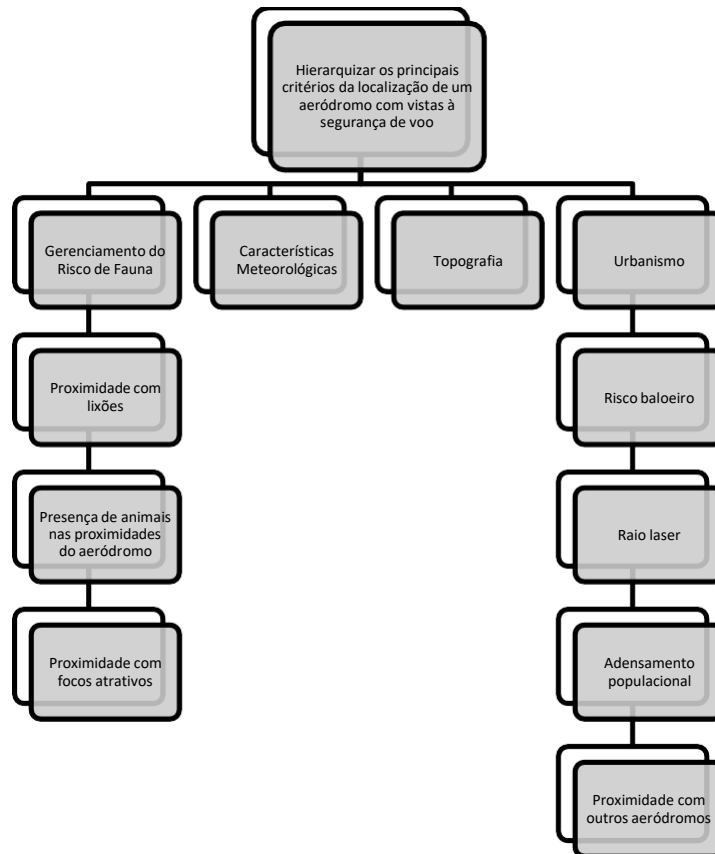
Segundo a Portaria nº 256/GC5, de 13 de maio de 2011, o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) é definido como um conjunto de superfícies limitadoras de obstáculos que estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades dentro da zona de proteção de um aeródromo (ANAC, 2011, p.1).

### **3.1.10 Proximidade com outros aeródromos**

A proximidade de um aeródromo com outro aeródromo pode ter implicações na segurança de voo, especialmente em relação ao tráfego aéreo e à gestão do espaço aéreo.

Quando dois aeródromos estão localizados em proximidade, os órgãos de controle de tráfego aéreo são responsáveis por coordenar o tráfego entre eles. Eles estabelecem zonas de controle e adotam procedimentos para garantir a separação segura das aeronaves que se aproximam ou se afastam desses aeródromos. Conforme está definido na Publicação de Informação Aeronáutica do DECEA (AIP, 2014), são denominadas ATZ (Air Traffic Zone) quando operam com regras de voo visual (VFR) e CTR (Control Zone) quando operam regras de voo por instrumentos (IFR).

A partir do exposto foi possível elaborar a estrutura hierárquica do problema conforme apresentada na Figura 5.



**Figura 5** – Estrutura Hierárquica do Problema

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

### 3.2.1 Priorização dos critérios

A partir dos julgamentos paritários realizados pelos especialistas em segurança de voo por meio das planilhas eletrônicas disponibilizadas, foi calculada a matriz resultante utilizando a Agregação Individual de Julgamentos (AIJ).

A matriz resultante dos critérios está expressa pela equação E5.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0,512728243 & 0,805564312 & 2,735432574 \\ 1,950350919 & 1 & 1,470462085 & 4,713399288 \\ 1,241365817 & 0,680058337 & 1 & 2,398298614 \\ 0,365572893 & 0,212161105 & 0,416962256 & 1 \end{bmatrix} \quad (E5)$$

Após o processo de normalização da matriz apresentada na E5, foi obtida a matriz normalizada apresentada na E6.

$$A = \begin{bmatrix} 0,21942867 & 0,213197254 & 0,218133438 & 0,252180296 \\ 0,427962907 & 0,415809461 & 0,398176714 & 0,434529602 \\ 0,27239125 & 0,28277469 & 0,270783394 & 0,221099822 \\ 0,080217174 & 0,088218595 & 0,112906455 & 0,09219028 \end{bmatrix} \quad (E6)$$

A fim de verificar a consistência lógica dos julgamentos paritários e evitar inconsistências, foi calculado a Razão de Consistência. Para uma matriz de ordem 4, o índice de Consistência Randômico, segundo a Tabela 1 é de 0,9.

As equações E7 e E8 apresentam respectivamente os Índices de Consistência e Razão de Consistência para a matriz e6.

$$IC = \frac{4,016324379-4}{(4-1)} = 0,00544146 \quad (E7)$$

$$RC = \frac{0,00544146}{0,9} = 0,006046066 \quad (E8)$$

A partir do resultado apresentado pela equação E8, pode-se inferir que a matriz de julgamento é consistente, podendo assim, ser utilizada na análise aqui pretendida. Diante disso, foi possível o cálculo das Prioridades Médias Locais de cada um dos critérios de julgamento. A tabela 3 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 3** – Prioridades Médias Locais dos critérios

Critérios de Decisão	Prioridade Média Local
Características Meteorológicas	0,419119671
Topografia	0,261762289
Risco de Fauna	0,225734914
Urbanismo	0,093383126

Fonte: Elaboração própria (2023)

Ao observar a tabela 3, pode-se dizer que o critério de maior importância segundo as análises dos especialistas foi a característica meteorológica do local, apresentando uma prioridade de 0,42. Em segundo lugar a topografia do local representou 0,26, seguidos do risco de fauna e urbanismo, com 0,23 e 0,09, respectivamente.

### 3.2.2 Priorização dos subcritérios

Dois critérios selecionados para a pesquisa foram fracionados em subcritérios, sendo eles o gerenciamento do risco de fauna e o urbanismo. Quanto ao gerenciamento do risco de fauna, este foi dividido em 3 subcritérios, sendo eles a proximidade com lixões, presença de animais nas proximidades do aeródromo e a proximidade com focos atrativos.

A partir das análises em pares feitas pelos especialistas de acordo com a planilha eletrônica disponibilizada, foi possível a confecção da matriz resultante do subcritério risco de fauna com o método da Agregação Individual de Julgamentos, representada pela equação E9.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1,098718177 & 1,741057191 \\ 0,910151503 & 1 & 1,241365817 \\ 0,574363671 & 0,805564312 & 1 \end{bmatrix} \quad (E9)$$

Após o processo de normalização da matriz apresentada na equação e9, foi obtida a matriz normalizada apresentada na equação E10.

$$A = \begin{bmatrix} 0,402493014 & 0,378309679 & 0,437185399 \\ 0,366329621 & 0,344319123 & 0,311711191 \\ 0,231177365 & 0,277371197 & 0,251103411 \end{bmatrix} \quad (E10)$$

Em seguida foi calculado a Razão de Consistência e utilizado o Índice de Consistência Randômico 0,58 para esta matriz de ordem 3. O Índice de Consistência dos subcritérios do risco

de fauna está representado pela equação E11, e a Razão de Consistência dos subcritérios do risco de fauna está representada pela equação E12.

$$IC = \frac{3,006862483-3}{(3-1)} = 0,003431241 \quad (E11)$$

$$RC = \frac{0,003431241}{0,58} = 0,005915933 \quad (E12)$$

Avaliando a Razão de Consistência dos subcritérios do risco de fauna, é possível observar que apresentou baixa inconsistência dos julgamentos, cerca de 0,005, portanto, ela é consistente.

A partir da matriz normalizada, foi possível o cálculo das Prioridades Médias Locais de cada um dos subcritérios de julgamento. A tabela 4 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 4** – Prioridades Médias Locais dos subcritérios do risco de fauna

Subcritérios	Prioridades Médias Locais
Proximidade com lixões	0,405996031
Presença de animais nas proximidades do aeródromo	0,340786645
Proximidade com focos atrativos	0,253217324

Fonte: Elaboração própria (2023)

Ao observar a tabela 4, pode-se dizer que o subcritério de maior importância segundo as análises dos especialistas para a avaliação do risco de fauna foi a proximidade com lixões, representando cerca de 0,41. Em seguida, a presença de animais nas proximidades do aeródromo com 0,34 e por último a proximidade com focos atrativos com 0,25.

Com base nas Prioridades Médias Locais de cada subcritério e da Prioridade Média Local do critério risco de fauna, foi construída a Tabela 5 que expressa as Prioridades Globais calculada a partir da equação E2.

**Tabela 5** – Prioridades Globais dos subcritérios do risco de fauna

Subcritério	Prioridades Globais
Proximidade com lixões	0,091647479

Presença de animais nas proximidades do aeródromo	0,076927444
Proximidade com focos atrativos	0,057159991

Fonte: Elaboração própria (2023)

Com relação ao critério urbanismo, este foi decomposto em 4 subcritérios, sendo eles o risco baloeiro, o raio laser, o adensamento populacional e a proximidade com outros aeródromos.

A partir das análises paritárias realizadas pelos especialistas de acordo com a planilha eletrônica disponibilizada, foi confeccionada a matriz resultante do subcritério urbanismo com a utilização do método da Agregação Individual de Julgamentos, representada pela equação E13.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2,024646503 & 0,910151503 & 0,437156882 \\ 0,493913381 & 1 & 0,77600366 & 0,263129788 \\ 1,098718177 & 1,288653717 & 1 & 0,631063806 \\ 2,28750831 & 3,800405904 & 1,584625819 & 1 \end{bmatrix} \quad (E13)$$

Após o processo de normalização da matriz apresentada na equação 13, foi obtida a matriz normalizada apresentada na equação 14.

$$A = \begin{bmatrix} 0,20491216 & 0,249534118 & 0,213111257 & 0,187512297 \\ 0,101208858 & 0,12324824 & 0,181700645 & 0,112865822 \\ 0,225140715 & 0,158824303 & 0,234149212 & 0,270685945 \\ 0,468738268 & 0,468393339 & 0,371038886 & 0,428935937 \end{bmatrix} \quad (E14)$$

Foi calculado a Razão de Consistência para esta matriz de ordem 4, sendo o Índice de Consistência Randômico 0,9 segundo a Tabela 1. O Índice de Consistência está representado na equação E15, e a Razão de Consistência, na equação E16.

$$IC = \frac{4,057434958-4}{(4-1)} = 0,019144986 \quad (E15)$$

$$RC = \frac{0,019144986}{0,9} = 0,021272207 \quad (E16)$$

Avaliando a Razão de Consistência dos subcritérios do urbanismo, é possível observar que apresentou baixa inconsistência dos julgamentos, cerca de 0,02, portanto, ela é consistente.

Após a construção da matriz normalizada, foi possível realizar o cálculo das Prioridades Médias Locais de cada um dos subcritérios de julgamento. A tabela 6 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 6** – Prioridades Médias Locais dos subcritérios do urbanismo

Subcritérios	Prioridades Médias Locais
Adensamento Populacional	0,434276608
Proximidade com outros aeródromos	0,222200043
Risco Baloeiro	0,213767458
Raio Laser	0,129755891

Fonte: Elaboração própria (2023)

Ao observar a tabela 6, pode-se dizer que o subcritério de maior importância segundo as análises dos especialistas foi o adensamento populacional, representando cerca de 0,44 de importância. Em segundo lugar o critério proximidade com outros aeródromos representou cerca 0,22. Seguido do risco baloeiro com 0,21, e por último o raio laser 0,13.

A partir das Prioridades Médias Locais de cada subcritério e da Prioridade Média Local do critério urbanismo, foi calculada a Tabela 7 de acordo com a equação E2.

**Tabela 7**– Prioridades Globais dos subcritérios do urbanismo

Subcritério	Prioridades Globais
Adensamento Populacional	0,040554107
Proximidade com outros Aeródromos	0,020749735
Risco Baloeiro	0,019962273
Raio Laser	0,012117011

Fonte: Elaboração própria (2023)

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o objetivo geral deste artigo que era o de responder a seguinte pergunta de pesquisa: quais são os critérios prioritários a serem considerados na definição da localização de um aeródromo com vistas à segurança de voo? Foi necessário fracionar este objetivo geral

em objetivos específicos com a finalidade de delimitar o tema e organizá-lo nas seguintes etapas:

a) identificar, de acordo com a legislação em vigor, quais são os principais critérios a serem considerados na definição da localização de um aeródromo.

b) realizar uma análise multicritério, utilizando o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com o objetivo de priorizar os critérios analisados para definição da localização de um aeródromo de acordo com seu nível de importância.

Por meio de uma pesquisa envolvendo artigos e documentos dos principais órgãos da aviação civil e militar no Brasil como CENIPA, ANAC, DECEA, entre outros, foi possível selecionar os critérios, diretamente relacionados à segurança de voo das operações aéreas, a serem considerados na seleção da localidade para a construção de um aeródromo (com seus respectivos subcritérios) analisados nesta pesquisa:

- a) Gerenciamento do risco de fauna (Proximidade com lixões, Presença de animais nas proximidades do aeródromo e Proximidade com focos atrativos);
- b) Estudo meteorológico;
- c) Topografia;
- d) Urbanismo (Risco baloeiro, Raio laser, Adensamento populacional e Proximidade com outros aeródromos)

Com base na realização de uma análise multicritério, foi possível priorizar os critérios de decisão facilitando o processo decisório. Dessa forma, alguns critérios selecionados representaram uma maior importância na escolha da localidade da construção de um aeródromo de acordo com as opiniões dos especialistas de voo.

A partir da utilização do método AHP, chegou-se à conclusão que o critério de maior importância para a localização de um aeródromo de acordo com a segurança de voo foi o critério Características Meteorológicas, uma vez que este critério apresentou uma Prioridade Média Local de 0,42. Em segundo lugar ficou o critério Topografia com uma Prioridade Média Local de 0,26, seguido do critério Risco de Fauna, com uma Prioridade Média Local de 0,23. Por último, o critério Urbanismo apresentou uma Prioridade Média Local de 0,09.

Dessa forma, verifica-se que este trabalho implica diretamente na tomada de decisão da escolha de um local para construção de um aeródromo, uma vez que hierarquiza os critérios e subcritérios aqui analisados com o objetivo de aumentar a segurança das operações aéreas através de uma escolha mais adequada de uma área para construir um aeródromo.

Por fim, vale ressaltar que este trabalho permitiu uma oportunidade de aprofundamento no tema segurança de voo, sendo um fator essencial para a garantia das operações aéreas.

## REFERÊNCIAS

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).** REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL. [s.l.: s.n.],2021.

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC),** RBAC nº154 – Projeto de Aeroportos. Agência Nacional de Aviação Civil, Regulamento Brasileiro de Aviação Civil, 2012.

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).** Gerenciamento do Risco da Fauna. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/seguranca-operacional/gerenciamento-do-risco-da-fauna>. Acesso em: 2 jul. 2023.

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).** Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA). Brasília: ANAC, 2011. Disponível em <https://aga.decea.mil.br/planos>. Acesso em: 28 jun. 2023.

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).** Convenção de aviação civil internacional \*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: [https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/decretos/decreto-no-21-713-de-27-08-1946/@@display-file/arquivo\\_norma/convencaoChicago.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/decretos/decreto-no-21-713-de-27-08-1946/@@display-file/arquivo_norma/convencaoChicago.pdf). Acesso em: 25 abr. 2023.

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).** DEMANDAS E ORIENTAÇÕES SOBRE AVIAÇÃO CIVIL, 2016. Disponível em: [https://www.mpam.mp.br/attachments/article/9523/Cartilha\\_CNMP\\_ANAC.pdf](https://www.mpam.mp.br/attachments/article/9523/Cartilha_CNMP_ANAC.pdf). Acesso em: 09 mai. 2023.

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).** Manual de Boas Práticas no Gerenciamento de Risco da Fauna,2022. Disponível em: [https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/seguranca-operacional/ManualBoasPraticasnoGerenciamentodeRiscodeFauna\\_v2.pdf](https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/seguranca-operacional/ManualBoasPraticasnoGerenciamentodeRiscodeFauna_v2.pdf). Acesso em: 27 jun. 2023.

**BRASIL, DECEA, AIP – Publicação de Informação Aeronáutica,**2014. Disponível em:<https://publicacoes.decea.mil.br/?i=publicacao&id=3932>. Acesso em: 21 jun. 2023.

**CAMPOS, M. B.A. MÉTODOS MULTICRITÉRIOS QUE ENVOLVEM A TOMADA DE DECISÃO.** [s.l.: s.n.],2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-94QMT9>. Acesso em: 07 mai. 2023.

**BRASIL.** Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12305&ano=2010&ato=e3dgXUq1keVpWT0f1>. Acesso em: 14 mar. 2023.

CARMO, D. K, MARINS, F. A., SALOMON V. A. e MELLO C. H. (2013). On the aggregation of individual priorities in incomplete. *In Anais do International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Kuala Lumpur.

CENIPA. Centro de investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Assessoria Estatística; **Aeródromos** - Sumário Estatístico 2010-2019. Brasília. 2021.

CENIPA. Centro de investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório Final IG - 011/CENIPA/2013**. Disponível em:

[http://www.potter.net.br/media/af/pt/pt\\_mzc\\_17\\_06\\_11.pdf](http://www.potter.net.br/media/af/pt/pt_mzc_17_06_11.pdf). Acesso em: 04 mai. 2023.

CENIPA. **Manual de Gerenciamento de Risco com a Fauna**, 2017. Disponível em:

[https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/seguranca-operacional/ManualBoasPraticasnoGerenciamentodeRiscodeFauna\\_v2.pdf](https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/seguranca-operacional/ManualBoasPraticasnoGerenciamentodeRiscodeFauna_v2.pdf). Acesso em: 29 jun. 2023.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. **Aeródromos**. [s.l: s.n.], 2021.

**CÓDIGO Brasileiro de Aeronáutica**. 1986. Lei Nº 7.565, de 19 de Dezembro de 1986.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no DECEA**, Departamento de Controle do Espaço Aéreo .O que é um OPEA? – Central de Ajuda DECEA. Disponível em: <https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/o-que-e-um-opea>. Acesso em: 10 mai. 2023.

DECEA. DECEA alerta sobre os riscos da soltura de balões. Disponível em:

[https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg\\_noticia&materia=decea-alerta-%20sobre-os-riscos-da-soltura-de-baloos](https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=decea-alerta-%20sobre-os-riscos-da-soltura-de-baloos). Acesso em: 1 jul.2023.

DEFAVARI, Gabriel Nunes. **O Risco Baloeiro para Aviação Brasileira** – UNISUL, Palhoça, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8183/1/Monografia%20Gabriel%20Nunes%20Defavari.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

DIVA MARTINS ROSAS E SILVA. **Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais**. [s.l: s.n.], 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO). **Relatório de análise crítica sobre ação de ponteiros LASER**: Aeroporto de Londrina.Londrina: INFRAERO, 2010.

FRANCISCONE, B. G.; LIMA, P. A. L. A Consolidação da Aviação Civil Internacional e suas Implicações para a Implementação do Plano Global de Navegação Aérea. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 6–32, 2023. Disponível em: <https://rbaccia.emnuvens.com.br/revista/article/view/23>. Acesso em: 08 jun. 2023.

GONÇALVES, Raimundo Wilson; PINHEIRO, Plácido Rogério; FREITAS, Marcos Airton de Sousa. **Métodos Multicritérios como Auxílio à Tomada de Decisão na Bacia Hidrográfica do Rio Curu** - Estado do Ceará. *In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos*

Hídricos, ABRH, Volume 1, 2003. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/242225632\\_METODOS\\_MULTICRITERIOS\\_CO\\_MO\\_AUXILIO\\_A\\_TOMADA\\_DE\\_DECISAO\\_NA\\_BACIA\\_HIDROGRAFICA\\_DO\\_RIO\\_CURU\\_-\\_ESTADO\\_DO\\_CEARA](https://www.researchgate.net/publication/242225632_METODOS_MULTICRITERIOS_CO_MO_AUXILIO_A_TOMADA_DE_DECISAO_NA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_CURU_-_ESTADO_DO_CEARA). Acesso em: 29 jun. 2023.

JALIL, Y. da S. B.; DA SILVA, W. P. Aviação civil e meio ambiente: Identificação dos impactos causados pelo adensamento urbano desordenado no entorno dos aeródromos / Civil aviation and the environment: Identification of impacts caused by disorderly urban densification around aerodromes. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 103738–103758, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n11-139. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/39276>. Acesso em: 2 jul. 2023.

JOSÉ REYNALDO ANSELMO SETTI; MANOEL HENRIQUE ALBA SÓRIA. **NORMAS INTERNACIONAIS E PRÁTICAS RECOMENDADAS AERÓDROMOS. À CONVENÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL**, 2007.

MARCIO MAFFILI FERNANDES et al. **MANUAL DE PROJETOS AEROPORTUÁRIOS**. [s.l.: s.n.]. v. único, 2021.

MEIER, T. M. **Estudo de Localização**: Uma contribuição à Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA). 2020. 111 p. Pirassununga, SP. Disponível em: [https://redeb.aer.mil.br/index.php?codigo\\_sophia=78125](https://redeb.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=78125). Acesso em: 24 de mai. 2023. [Conteúdo digital acessível mediante *login* e senha em rede interna].

PASSOS, A. C. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SAATY, T. L. (2005). **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks**. Pittsburgh: RWS Publications.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill, New York, 1980.

SAATY, T. L. **Decision making with dependence and feedback: the analytic network process**. 2. ed. Pittsburgh: RWS Publication, 1996.

SAATY, TL. **Decision making for leaders**. Pittsburgh: WS Publications, 2000.

SANTOS, F. F. **Análise de investimentos em AMT (advanced manufacturing technology): uso de um modelo multicriterial - AHP (analytic hierarchy process).** Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/AMCN-8AGG38>. Acesso em: 18 abr. 2008.

TREVIZANO, Waldir Andrade; FREITAS, André Luiz Policani. **Emprego do método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de processadores.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25, 2005, 29 out- 01 nov, Porto Alegre, RS. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2005\\_enegep0602\\_1532.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2005_enegep0602_1532.pdf). Acesso em: 6 mai. 2023.

MEDEIROS, Jorge Eduardo Leal. USP, **Moodle USP: e-Disciplinas. Aeroportos e transportes aéreos.** 2016. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2246470/mod\\_resource/content/1/Aulas%203%20-%20Plan%20Aeropor%20-%20Heli.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2246470/mod_resource/content/1/Aulas%203%20-%20Plan%20Aeropor%20-%20Heli.pdf). Acesso em: 11 maio. 2023.

VARGAS, R. V. UTILIZANDO A PROGRAMAÇÃO MULTICRITÉRIO (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - AHP) PARA SELECIONAR E PRIORIZAR PROJETOS NA GESTÃO DE PORTFÓLIO. **PMI Global Congress 2010 - North America**, Washington DC - EUA, 22 p.23, 2010.

VIANELLO, L. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: Impr. Univ., 1991.

## APÊNDICE A – PLANILHA ELETRÔNICA

O projeto de pesquisa "Priorização dos Critérios para Seleção de Localização de Aeródromos Visando a Segurança de Voo", por objetivo priorizar os critérios de escolha do local para a construção de um aeródromo sob a luz dos fundamentos da segurança de voo de acordo com a sua importância relativa para decisões de localização

O projeto foi proposto por DAVI DE ANDRADE BIANCHI Cad Av e RENATA BELLUZZO ZIRONDI MORI, Profa. Dra. (Orientadora) e é parte do desenvolvimento do meu trabalho de conclusão do Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea.

O método a ser utilizado no desenvolvimento da pesquisa é *Analytic Hierarchy Process (AHP)* ou Processo de Análise Hierárquica, o qual foi desenvolvido por Thomas Saaty em 1970, sendo o mais conhecido método de análise multicritério aplicado ao processo de tomada de decisão.

Cabe ressaltar que a pesquisa possui fins puramente acadêmicos.

Desde já agradecemos a atenção do Sr.

### SOBRE A AVALIAÇÃO

Ao iniciar a avaliação, o Sr. deverá analisar a importância relativa (par a par) entre os critérios selecionados pelos pesquisadores para hierarquizá-los segundo a importância relativa de cada critério. O objetivo desta análise é fornecer subsídios para a determinação dos pesos que cada um dos critérios terá no processo de hierarquização final. Para tanto, o Sr deverá marcar um X na célula escolhida conforme modelo abaixo.

CRITÉRIO I	EXTREMAMENTE MAIS IMPORTANTE	FORTEMENTE MAIS IMPORTANTE	MODERADAMENTE MAIS IMPORTANTE	LEVEMENTE MAIS IMPORTANTE	IGUALMENTE IMPORTANTE	LEVEMENTE MAIS IMPORTANTE	MODERADAMENTE MAIS IMPORTANTE	FORTEMENTE MAIS IMPORTANTE	EXTREMAMENTE MAIS IMPORTANTE	CRITÉRIO J
RISCO DE FAUNA			X							TOPOGRAFIA
URBANISMO						X				TOPOGRAFIA
RISCO DE FAUNA				X						URBANISMO

De acordo com o modelo, considerar o critério "Risco de Fauna" é moderadamente mais importante para a análise pretendida do que considerar o critério "Topografia". Da mesma forma, considerar o critério "Topografia" é levemente mais importante que o critério "Urbanismo", e o critério "Risco de Fauna" é levemente mais importante que o critério "Urbanismo".

**Importante:** A AHP pressupõe que haja consistência nos julgamentos realizados. Para tal, os valores atribuídos entre os vários pares devem possuir coerência entre si. Assim, se o critério "risco de fauna" é mais importante do que o critério "topografia" e se o critério "topografia" é mais importante do que o critério "urbanismo" então "risco de fauna" deve ser mais importante que "urbanismo".

Finalmente, na aba COMENTÁRIOS o Sr. poderá (caso queira) deixar comentários e sugestões que julgue importantes para o objetivo da pesquisa.



**Avaliação 2: Avalie a importância relativa entre os subcritérios i e j na análise do critério risco de fauna para a localização de um aeródromo com vistas à segurança de voo.**

**PROXIMIDADE COM LIXÕES:** lixões, ou aterros sanitários não adequados, podem representar riscos significativos para a atividade aérea, uma vez que podem atrair animais que buscam alimento nos resíduos depositados. Esses animais podem entrar em conflito com aeronaves em voos nas fases mais críticas de decolagem e pouso, representando um risco real para a segurança de voo.

**PRESENÇA DE ANIMAIS NAS PROXIMIDADES DO AERÓDROMO:** o estudo de campo das principais espécies que habitam as proximidades do local onde será construído o aeródromo é de extrema importância para a segurança da operação aérea. Esse estudo da fauna nas proximidades do aeródromo tem como objetivo avaliar a presença e o comportamento de animais na região, identificando quais espécies podem representar um risco para a aviação e desenvolvendo estratégias para mitigar esse risco.

**PROXIMIDADE COM FOCOS ATRATIVOS:** a proximidade de focos atrativos com a localização do aeródromo pode implicar na segurança da operação aérea. Uma vez que colisões nas fases de aproximações para pouso são críticas e exige uma rápida resposta do piloto em comando. Alguns exemplos de focos atrativos são listados a seguir: áreas gramadas, presença de aparas de vegetação e outras áreas verdes como áreas de paisagismo, árvores frutíferas ou fragmentos de vegetação, além de árvores mortas ou galhos secos que sirvam como poleiro e local de observação de aves; colmeias, cupinzeiros, formigueiros, entre outros.

CRITÉRIO i	EXTREMAMENTE MAIS IMPORTANTE	FORTEMENTE MAIS IMPORTANTE	MODERADAMENTE MAIS IMPORTANTE	LEVEMENTE MAIS IMPORTANTE	IGUALMENTE IMPORTANTE	LEVEMENTE MAIS IMPORTANTE	MODERADAMENTE MAIS IMPORTANTE	FORTEMENTE MAIS IMPORTANTE	EXTREMAMENTE MAIS IMPORTANTE	CRITÉRIO j
PROXIMIDADE COM LIXÕES										PRESENÇA DE ANIMAIS NAS PROXIMIDADES DO AERÓDROMO
PROXIMIDADE COM LIXÕES										PROXIMIDADES COM FOCOS ATRATIVOS
PRESENÇA DE ANIMAIS NAS PROXIMIDADES DO AERÓDROMO										PROXIMIDADES COM FOCOS ATRATIVOS

**Avaliação 3: Avalie a importância relativa entre os subcritérios i e j na análise do critério urbanismo para a definição da localização do aeródromo.**

**RISCO BALOEIRO:** consiste na prática ilegal de soltar balões de ar quente não tripulados que representam sérios riscos para a atividade aérea, pois a ingestão de um balão pelo motor de uma aeronave pode causar a inoperância do mesmo ou até mesmo um incêndio no conjunto propulsor da aeronave.

**RAIO LASER:** luzes indesejadas na cabine de pilotagem durante um procedimento afetam a consciência situacional dos tripulantes, particularmente durante a noite, quando instintivamente os pilotos tentarão identificar de onde provêm as emissões luminosas, expondo-se a riscos imensuráveis. Vale ressaltar que a prática de apontar equipamentos luminosos e lasers em direção a aeronave é crime por expor em risco a tripulação, uma vez que a fase de aproximação para pouso é uma das fases mais críticas para operação aérea.

**ADENSAMENTO POPULACIONAL:** O adensamento populacional em áreas próximas a aeroportos pode afetar a segurança de voo de diferentes maneiras, uma vez que obstáculos físicos como prédios e torres podem gerar interferência nas rotas de voo. Esses objetos são chamados de OPEA-Objeto Projetado no Espaço Aéreo e podem ser edificações comerciais ou residenciais, torres, mastros, galpões, linhas de transmissão de energia, ou parques eólicos, dentre outros.

**PROXIMIDADE COM OUTROS AERÓDROMOS:** A proximidade de um aeródromo com outro aeródromo pode ter implicações na segurança de voo, especialmente em relação ao tráfego aéreo e à gestão do espaço aéreo. É de responsabilidade do aeródromo o controle de tráfego aéreo das aeronaves em movimento e a proximidade entre dois ou mais aeródromos pode gerar interferência entre eles, afetando assim, a segurança da operação aérea. Dessa forma, faz-se necessário observar este subcritério no momento de escolha da localidade de construção do aeródromo para diminuir este risco à segurança de voo.

CRITÉRIO i	EXTREMAMENTE MAIS IMPORTANTE	FORTEMENTE MAIS IMPORTANTE	MODERADAMENTE MAIS IMPORTANTE	LEVEMENTE MAIS IMPORTANTE	IGUALMENTE IMPORTANTE	LEVEMENTE MAIS IMPORTANTE	MODERADAMENTE MAIS IMPORTANTE	FORTEMENTE MAIS IMPORTANTE	EXTREMAMENTE MAIS IMPORTANTE	CRITÉRIO j
RISCO BALOEIRO										RAIO LASER
RISCO BALOEIRO										ADENSAMENTO POPULACIONAL
RISCO BALOEIRO										PROXIMIDADE COM OUTROS AERÓDROMOS
RAIO LASER										ADENSAMENTO POPULACIONAL
RAIO LASER										PROXIMIDADE COM OUTROS AERÓDROMOS
ADENSAMENTO POPULACIONAL										PROXIMIDADE COM OUTROS AERÓDROMOS