

SELEÇÃO DE SÍTIOS AEROPORTUÁRIOS – ESTUDO DE CASO PARA O AEROPORTO DE BALSAS (MA)

Teotonio Ko Freitag

Ministério da Infraestrutura (Minfra)

Subsecretaria de Gestão Estratégica e Inovação

José dos Santos de Magalhães

Anderson Schmitt

Rafael Cardoso Cunha

Amir Mattar Valente

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans)

RESUMO

O presente trabalho relata um processo de seleção de sítio para o aeroporto de Balsas (MA). Considerando-se que há necessidade de avaliar vários requisitos e opiniões conflitantes na seleção de um sítio aeroportuário, a metodologia da pesquisa está baseada na utilização do método *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Foram indicados sete sítios potenciais e o processo foi conduzido por um time de especialistas e tomadores de decisão. Foram selecionados 14 critérios e definidos fatores para avaliação da importância relativa desses critérios, levando-se em consideração as normas e regulamentos referentes à implantação de um novo aeroporto e a experiência dos especialistas. As áreas potenciais para o novo sítio aeroportuário foram avaliadas em relação a cada um dos critérios elencados, utilizando-se uma escala Likert. Para apoiar essa avaliação, foram realizadas visitas técnicas e sobrevoo dos sítios. Ao final, recomendaram-se três áreas propícias para estudos mais aprofundados.

ABSTRACT

This paper reports the process of site selection for an airport in the city of Balsas (MA). Considering that there is a need to evaluate several conflicting requirements and opinions in the selection of an airport site, the research methodology is based on the use of the *Analytical Hierarchy Process* (AHP) method. Seven potential sites were identified and the process was conducted by a team of experts and decision makers. Fourteen criteria were defined as well as a set of factors to evaluate the relative importance of one criterion over the other, taking into account rules and regulations regarding the implementation of a new airport and the experience of the specialists. The potential areas for the new airport site were examined against the set of criteria by applying a Likert scale. In order to support the analyses, technical visits and overflying of the sites were carried out. In the end, three areas were recommended for further detailed study.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC), o desenvolvimento econômico observado na primeira década do século XXI, em conjunto com as medidas regulatórias e a liberdade tarifária aplicadas ao setor aéreo brasileiro causaram impactos positivos no crescimento do setor (Brasil, 2018). Dados da Agência Nacional de Aviação Civil mostram que a demanda por transporte aéreo no Brasil triplicou nos últimos dez anos. O futuro também se mostra positivo, pois a projeção de demanda da aviação civil no período entre 2017 e 2037 prevê um crescimento de 6,14% ao ano, no cenário otimista, e 3,35%, no cenário conservador (Brasil, 2017).

Diante desses cenários, é essencial que o Poder Público e os demais atores planejem ações conciliadas com o crescimento do setor e o desenvolvimento econômico e social do País. Entre as funções do planejamento do setor aéreo, está a localização de novas infraestruturas de transporte, dentre estas a de novos aeroportos (Merkisz-Guranowska et al., 2016). Nesse contexto, o Plano Aeroviário Nacional (PAN) 2018-2038 prevê a implantação de novos aeroportos regionais em seus cenários de desenvolvimento, os quais demandam estudos detalhados quanto à sua localização. (Brasil, 2018).

Novas infraestruturas de transportes impulsionam a economia local, gerando postos de trabalho e atraindo novos investimentos. É necessário, por um lado, localizar um novo aeroporto o mais próximo possível do polo gerador de demanda, visando minimizar os custos com relação à acessibilidade. Por outro lado, os aeroportos geram fenômenos indesejáveis, como a poluição sonora, exigindo que estejam situados a uma determinada distância de áreas residenciais e equipamentos públicos e privados com função social. Além disso, certas áreas podem apresentar restrições, como aquelas inseridas em áreas de proteção ambiental. Deste modo, os custos das compensações ambientais e desapropriações somam um montante que pode indicar inviabilidade perante os benefícios projetados para a infraestrutura. (Mim, 1994; Merkisz-Guranowska et al., 2016; Brasil, 2018).

O processo de planejamento de novos aeroportos requer a participação de diversos atores, como organizações públicas, ambientais e a população local. Os interesses e expectativas desses atores podem ser muitas vezes conflitantes, sinalizando a necessidade de um método flexível de tomada de decisão. Em cenários como este, o uso de uma abordagem multicriterial para a resolução do problema de localização mostra-se adequado (Merkisz-Guranowska et al., 2016).

Este trabalho apresenta uma aplicação real do Método de Análise Hierárquica (AHP - *Analytic Hierarchy Process*) na prospecção de um novo sítio aeroportuário no município de Balsas, no estado do Maranhão. A Seção 2 apresenta a área de estudo bem como as alternativas de áreas prováveis para a implantação do novo aeroporto. A Seção 3 detalha a metodologia aplicada, a Seção 4 apresenta a avaliação das áreas indicadas e os resultados obtidos e, por fim, a Seção 5 traz as conclusões do trabalho.

2. ÁREA DE ESTUDO

Situado no sul do estado do Maranhão e pertencente à Microrregião dos Gerais de Balsas, o município de Balsas conta com extensão territorial de 13.141,757 km² e uma população de 93.829 habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). A cidade está localizada às margens do Rio das Balsas, à uma distância de 798 km da capital estadual, São Luís.

Para o estudo de seleção de uma área para o novo aeroporto, a Prefeitura de Balsas requisitou uma avaliação técnica para sete locais potenciais, sendo um de sua propriedade e os demais constituídos por áreas privadas oferecidas por seus proprietários para eventual negociação com a Prefeitura, em caso de sua seleção para o novo aeroporto. Na Figura 1, é possível visualizar o mapa da cidade e a localização dessas áreas.

A Área 1 está localizada dentro dos limites do município de Balsas, é de propriedade da Prefeitura Municipal, situa-se a 9 km do centro da cidade e é acessada pela BR-330. A Área 2, também dentro dos limites do município, é de propriedade particular e está situada a 13 km do centro da cidade. O acesso ao local se dá pela BR-230 e a área já dispõe de uma Pista de Pouso e Decolagem (PPD) utilizada por aeronaves da aviação agrícola. A Área 3 é de propriedade privada e situa-se no município, a aproximadamente 15 km do centro da cidade.

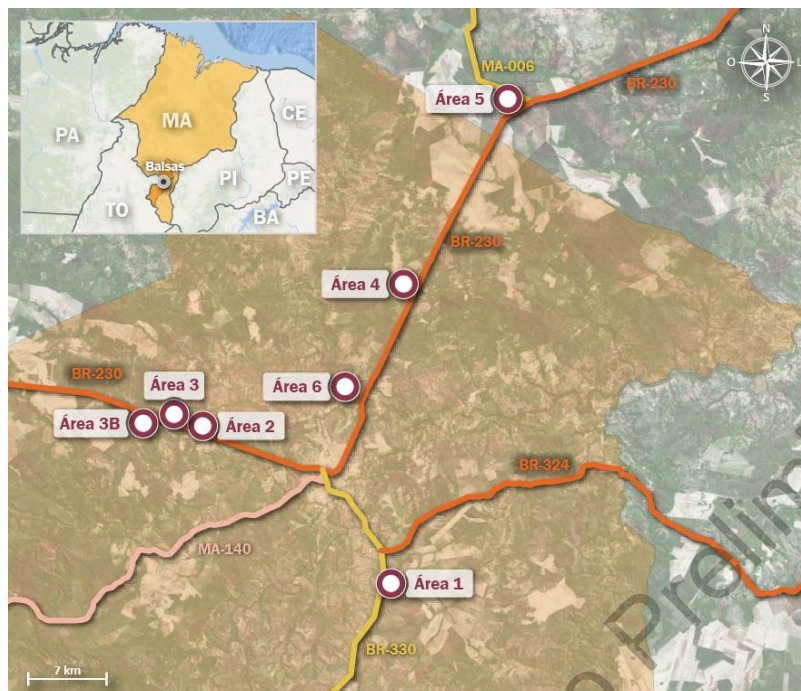


Figura 1: Localização do município de Balsas e das áreas potenciais

A Área 3B também é de propriedade particular, localiza-se no município de Balsas, a cerca de 17 km do centro da cidade, com acesso pela BR-230. A Área 4 é de propriedade particular, situa-se a aproximadamente 18 km do centro de Balsas e pode ser acessada a partir da BR-230. A Área 5 é a área mais distante do centro de Balsas, de propriedade particular, porém, situada no município vizinho, Fortaleza dos Nogueiras. Essa área está a 37 km do centro de Balsas, a 52 km do centro de Fortaleza dos Nogueiras e o acesso ao local é feito por meio da rodovia BR-230. Por último, a Área 6, também é de propriedade particular e situa-se ao norte do município de Balsas. O acesso ao local é realizado por meio da rodovia BR-230 e a área está situada a 8 km do centro da cidade.

3. MÉTODO

O processo de localização de um novo aeroporto é um problema complexo de tomada de decisão, complexidade esta que decorre dos diversos fatores quantitativos e qualitativos envolvidos, muitas vezes conflitantes entre si (Mim, 1994). Como a participação dos decisores na aplicação do método é fundamental para sua eficácia, é necessária a utilização de uma ferramenta de fácil compreensão teórica. Diante desse cenário, em que há necessidade de avaliar, também, vários requisitos e desenvolver avaliações complexas, pode-se recorrer ao método AHP proposto por Thomas L. Saaty (1980).

A Figura 2 apresenta o fluxograma com as etapas de utilização do método para a seleção de sítio para o Aeroporto de Balsas.

O método AHP facilita o processo de tomada de decisão em ambientes complexos por meio da simplificação do processo natural de tomada de decisão. Uma das vantagens do AHP é a possibilidade do estabelecimento de uma estrutura hierarquizada para análise do problema, a qual permite a percepção do modo como as mudanças de prioridades de variáveis de níveis mais altos impactam as prioridades de variáveis de níveis inferiores. Uma outra vantagem do

método traduz-se na obtenção de uma visão estruturada do problema, dos cenários, dos atores, dos propósitos e das variáveis de decisão: os critérios. (Saaty e Vargas, 2013).



Figura 2: Método AHP para escolha de sítio aeroportuário no município de Balsas (MA)

3.1 Escolha dos critérios

A escolha dos critérios foi feita levando-se em consideração as normas e regulamentos referentes à implantação de um novo aeroporto. Também foram feitas diversas reuniões entre técnicos e tomadores de decisão, que culminaram na seleção de 14 critérios, transcritos a seguir, tendo-se definido o que deveria ser observado em cada critério no momento das análises:

- Ventos predominantes: atendimento aos requisitos de orientação de pista com base na direção dos ventos predominantes. O movimento das aeronaves, tanto na decolagem quanto no pouso, acontece, sempre que possível, contra o vento. Assim, a orientação deve corresponder a um fator de utilização de pista de, pelo menos, 95% das ocorrências indicadas no anemograma de distribuição dos dados de vento, observando-se, ainda, os componentes máximos permissíveis de vento de través (ANAC, 2018).
- Plano de Zoneamento de Ruído (PZR): atendimento aos limites das curvas de ruído que representam geograficamente a área de abrangência do ruído aeronáutico decorrente das operações no aeródromo e que apontam restrições quanto ao uso e à ocupação do solo. Para pontuação, deverá ser considerada a Tabela E-1 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pelo Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR), conforme o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 161 (ANAC, 2013).
- Risco aviário: o perigo aviário é uma variável importante na avaliação do risco em que está imersa a atividade aérea. A proximidade a focos atrativos de pássaros pode aumentar a possibilidade de ocorrências de colisões de aeronaves com aves (ANAC, 2011). Deve-se considerar, também, a Resolução Conama nº 4/95 (Brasil, 1995) e a Lei nº 12.725/2012 (Brasil, 2012), que versam sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos.

- **Desenvolvimento urbano:** deve-se avaliar a compatibilidade do planejamento urbano ou o próprio desenvolvimento do município quanto à inserção de um aeroporto na área avaliada (Barcelos, 2001). Para tanto, o Plano Diretor Municipal e/ou a Lei de Uso do Solo devem ser considerados.
- **Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA):** atendimento às restrições das superfícies limitadoras de obstáculo, as quais estabelecem os limites até onde os objetos podem se projetar no espaço aéreo sem afetar adversamente a segurança e a regularidade das operações aéreas (Brasil, 2015). Deve ser considerada a natureza do obstáculo, pois aqueles de fácil remoção e/ou baixo custo de remoção não devem pontuar negativamente.
- **Impacto social:** a existência de residências e atividades comerciais ou industriais muito próximas ao sítio pode demandar remanejamento de pessoas, empresas, áreas cultiváveis ou associações, devendo ser avaliada neste critério a quantidade de remoções a serem realizadas, seja por desocupações ou desapropriações (Migueis Pereira, 2017). Deve-se, nessa avaliação, diferenciar o tipo de ocupação (residencial, comercial etc.).
- **Impacto ambiental:** as normas brasileiras instituem a obrigatoriedade da elaboração de estudos de impacto ambiental para o licenciamento de atividades potencialmente danosas ao ambiente (Brasil, 1986). Portanto, a análise dos possíveis impactos do aeroporto no momento da escolha de um novo sítio mostra-se importante. A presença de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de espécies ameaçadas de extinção no entorno do sítio pode configurar limitação para a implantação ou ampliação do aeroporto. A necessidade de grandes modificações devido a cortes, aterros, remoções de vegetação e massas de água (rios, riachos e lagoas) pode gerar impacto ambiental. Também se deve atentar para a presença de vegetação nativa, fator que deve impactar negativamente. Ressalta-se, ainda, que existência de APP no sítio indicado inviabiliza a sua escolha.
- **Impacto arqueológico:** o meio socioeconômico deve ser investigado, destacando-se os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade (Brasil, 1986). A existência de sítios arqueológicos e monumentos históricos pode ser um fator limitador à implantação e expansão do aeroporto, de forma que registros destes nas proximidades da área avaliada aumentam a probabilidade de impeditivos para implantação do novo aeroporto. Destaca-se que a existência de sítios arqueológicos na área potencial inviabiliza a sua escolha.
- **Infraestrutura básica:** este critério contempla a disponibilidade de fornecimento de água, distribuição de energia elétrica, serviços de telecomunicação, entre outros. Áreas com infraestrutura disponível são mais favoráveis à implantação do sítio, devendo-se avaliar, caso a caso, a possibilidade de se adotar soluções alternativas como poços artesianos, sistema filtro-fossa etc., de forma que não haja penalizações nas avaliações.
- **Acessibilidade – qualidade:** Segundo Braga e Guedes (2008), entende-se por acessibilidade a facilidade de se chegar ao destino desejado. Este critério corresponde à disponibilidade e qualidade do acesso viário do sítio aeroportuário ao(s) polo(s) gerador(es) de demanda.
- **Acessibilidade – distância:** Usando-se o mesmo conceito de acessibilidade, este critério corresponde à distância do aeroporto ao(s) polo(s) gerador(es) de demanda.
- **Topografia e altimetria:** a topografia e a altimetria estão relacionadas às atividades de movimentação de terra (terraplenagem), à possível existência de elevações naturais ou acidentes geográficos e à possibilidade ou não de expansão do aeroporto. Áreas com baixa variação de altimetria são mais favoráveis para a implantação do aeródromo e uma futura expansão.
- **Hidrografia e drenagem:** hidrografia e drenagem relacionam-se aos eventuais serviços

necessários ao escoamento das águas do terreno ou mesmo à adequação da situação existente por meio de dutos, canais, valas, fossos e bueiros para adequação do sítio às obras de infraestrutura, devendo ser avaliada a destinação final do material. Deve-se considerar a presença de áreas inundáveis, as quais configuram risco de inviabilizar o sítio.

- **Pedologia:** a formação geológica da região e as características físicas do solo permitem calcular sua capacidade de suporte, que determina o tipo de estrutura de fundação, além de avaliar a necessidade de obras de estabilização de taludes e encostas. Permite, também, avaliar a capacidade de infiltração do solo.

3.2 Estruturação dos níveis hierárquicos

Após a definição dos critérios para análise, procedeu-se com a fase de construção da hierarquia, que envolve a estruturação do problema em níveis. Nessa fase, o AHP exige que os decisores dividam problemas complexos em uma estrutura hierárquica (Saaty e Vargas, 2013). Essa estruturação do problema faz com que o grupo de decisores participe direta e ativamente no processo decisório, o que pode ocasionar um maior comprometimento da implementação da decisão recomendada pelo modelo, visto que esta embute suas preferências e valores (Granemann e Gartner, 1998).

A estrutura hierárquica escolhida pelos decisores no problema de localização do sítio aeroportuário de Balsas possui três níveis, conforme a Figura 3.



Figura 3: Estrutura hierárquica para escolha de novos sítios

3.2 Avaliação da importância relativa dos critérios

Após a hierarquização do problema, inicia-se a fase de avaliação, com a comparação paritária entre os critérios. Por meio dessa comparação, determinam-se as importâncias relativas de cada critério. A escala de pontuação utilizada, sugerida por Saaty e Vargas (2013), é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Escala fundamental do método AHP

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo.

3	Importância fraca de um sobre o outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro.
7	Importância muito forte	Um critério é fortemente favorecido em relação ao outro e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo um critério em relação ao outro é do mais alto grau de certeza.

Fonte: Saaty e Vargas (2013)

Conforme definido por Saaty e Vargas (2013), os pesos ou prioridades relativas a serem atribuídos aos critérios são obtidos construindo-se uma matriz normalizada. Em seguida, procede-se à verificação da consistência nos julgamentos efetuados. Para isto, são calculados o autovalor máximo ($\lambda_{máx}$) das matrizes de comparação entre variáveis, o Índice de Consistência (CI) e verificada a Razão de Consistência (CR) de cada matriz. A metodologia de verificação da consistência e as fórmulas de cálculo do $\lambda_{máx}$, CI e CR são detalhadas em Saaty e Vargas (2013).

A etapa de avaliação dos critérios, em pares, de acordo com seu nível na estrutura hierárquica, retorna um vetor de pesos que define o grau de importância dos critérios na avaliação das áreas indicadas. A Figura 4 apresenta o peso final para cada critério. Após o cálculo, verificou-se que os critérios com maiores pesos na avaliação foram: PBZPA, Ventos predominantes e Topografia/Altimetria, que juntos representaram 53% do peso na avaliação final.

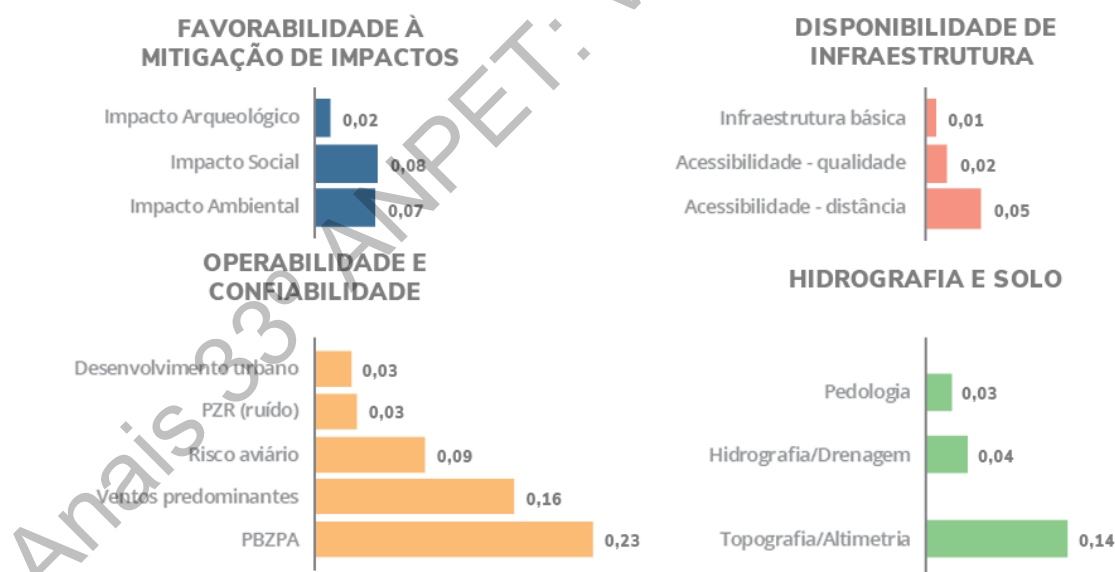


Figura 4: Peso de cada critério avaliado

3.3 Avaliação das áreas potenciais

O próximo passo consistiu em avaliar as áreas potenciais para o novo sítio aeroportuário em relação a cada um dos critérios elencados. As áreas ou sítios potenciais foram pontuados em uma escala Likert (Likert, 1932) graduada de 1 a 5 quanto à sua condição diante dos critérios considerados. Para o quesito Favorabilidade à mitigação de impactos, o grau 5 correspondeu à condição de não haver impacto a considerar, o grau 3 correspondeu a uma condição avaliada como “Regular”, e o grau 1 à condição de haver forte impacto. Os graus 2 e 4 foram

utilizados para os julgamentos intermediários. Para os grupos Disponibilidade de infraestrutura, Operabilidade e Confiabilidade e Hidrografia e Solo, o grau 5 correspondeu a “Bom”, o grau 3 a “Regular” e o grau 1 a “Ruim”, sendo, igualmente, os graus 2 e 4 utilizados para condições julgadas como intermediárias.

A pontuação das áreas foi realizada concomitantemente por especialistas e tomadores de decisão, somando um total de dez profissionais. Julgamentos divergentes foram objeto de discussão, chegando-se, posteriormente, a um consenso geral para a pontuação final. A Tabela 2, a Tabela 3, a Tabela 4 e a Tabela 5 apresentam a descrição das condições estabelecidas para a graduação dos critérios pela escala Likert, para os quatro grupos de quesitos considerados.

Tabela 2: Pontuação escala Likert – Favorabilidade à mitigação de impactos

Critério	Impacta fortemente (1)	Regular (3)	Não há impacto (5)
Impacto Arqueológico	Há estudos que apontam sítios arqueológicos e/ou monumento histórico na área (ou distância menor de 1 km do limite patrimonial).	Há proximidade com sítio arqueológico e/ou monumento histórico já mapeado (em uma média de 10 km de raio do eixo da pista planejada).	Há estudos que confirmam não haver sítio arqueológico e/ou monumento histórico na área.
	Sítio com característica de impacto ambiental, existência de APP em grande parte da área avaliada, podendo inviabilizar sua escolha.	Sítio com área favorável, devendo ser elencados trabalhos de mitigação de impacto.	Sítio com área favorável para construção de equipamentos aeroportuários.
Impacto Ambiental	Existência de APP em um raio de até 5 km do eixo da pista.	Existência de APP em um raio de até 10 km do eixo da pista.	Inexistência de APP em um raio de até 20 km do eixo da pista.
	Necessidade de desvio de rios ou aterro de lagoas.	Pequenos córregos próximos (até 1 km do eixo da pista).	Inexistência de massas de águas impactadas.
	Vegetação nativa ocupando mais que 90% do sítio.	Existência de vegetação nativa no entorno (até 1 km do eixo da pista).	Não há observação de vegetação nativa.
Impacto Social	Existência de residências e/ou atividades comerciais/industriais no sítio ou muito próximas ao sítio, gerando necessidade de remoção/desapropriação/desocupação.	Existência de residências e/ou atividades comerciais/industriais próximas ao sítio, que eventualmente possam gerar impacto.	Não foram identificadas residências e/ou atividades comerciais/industriais próximas ao sítio, não gerando necessidade de remoção/desapropriação/desocupação.

Tabela 3: Pontuação escala Likert – Disponibilidade de infraestrutura

Critério	Ruim (1)	Regular (3)	Bom (5)
Infraestrutura básica	Infraestrutura básica não disponível.	Infraestrutura básica parcialmente disponível.	Toda a infraestrutura básica disponível.
Acessibilidade - qualidade	Não existe acesso.	Há necessidade de melhorias no acesso existente.	O acesso é de boa qualidade e atende à necessidade de tráfego.
Acessibilidade - distância	Distância acima de 30 km do polo gerador de demanda.	Distância entre 20 km e 30 km do polo gerador de demanda.	Distância abaixo de 20 km do polo gerador de demanda.

Tabela 4: Pontuação escala Likert – Operabilidade e confiabilidade

Critério	Ruim (1)	Regular (3)	Bom (5)
PZR	O sítio não compreende as curvas do PBZR de acordo com a classe esperada do aeródromo.	O sítio compreende parcialmente as curvas do PBZR de acordo com a classe esperada do aeródromo.	O sítio compreende as curvas do PBZR de acordo com a classe esperada do aeródromo.
Risco aviário	Há mais de um foco de atração de aves no sítio ou em sua proximidade.	Foi identificado um foco de atração de aves no sítio ou em sua proximidade.	Não há foco de atração de aves no sítio nem em sua proximidade.
PBZPA	Existem objetos, naturais ou artificiais, que podem afetar a segurança das operações aéreas.	Há soluções de contorno para eventuais objetos que podem se constituir em obstáculos à navegação aérea.	Não há quaisquer objetos, naturais ou artificiais, que possam afetar a segurança das operações aéreas.
Desenvolvimento urbano	Não há compatibilidade do planejamento urbano do município com a inserção do aeródromo no sítio.	A inserção do aeródromo no sítio requer ajustes no planejamento urbano do município.	A inserção do aeródromo no sítio é compatível com o planejamento urbano do município.
Ventos Predominantes	O sítio não acomoda a(s) direção(ões) de pista desejada(s) em relação aos ventos predominantes.	O sítio acomoda uma pista no comprimento desejado, porém sua orientação não corresponde ao melhor fator de utilização.	O sítio acomoda a(s) direção(ões) de pista desejada(s) em relação aos ventos predominantes.

Com relação ao critério *Desenvolvimento Urbano* (Tabela 4), por se tratar da escolha de sítio para um aeroporto regional, os especialistas e tomadores de decisão acordaram pela abordagem pelo aspecto da compatibilização com o planejamento urbano existente, atribuindo-se notas maiores aos sítios mais próximos da zona urbana, desde que conformes com o planejamento urbano do município.

Tabela 5: Pontuação escala Likert – Hidrografia e solo

Critério	Ruim (1)	Regular (3)	Bom (5)
Topografia/ Altimetria	Existe grande variação de altimetria no sítio.	Existe variação de altimetria no sítio que pode ser ajustada sem grande esforço de terraplanagem.	Existe pouca variação da altimetria no sítio.
Hidrografia/ Drenagem	O sítio possui características hidrográficas desfavoráveis, com necessidade de grandes serviços de drenagem.	As características hidrográficas do sítio requerem alguns serviços de drenagem.	O sítio possui características hidrográficas favoráveis, sem necessidade de grandes serviços de drenagem.
Pedologia	Sítio com características desfavoráveis quanto à drenagem e capacidade de suporte.	Sítio com necessidade de tratamento e adequação do solo para implementação da infraestrutura.	Sítio com características favoráveis quanto à drenagem e capacidade de suporte.

Após a definição da escala de avaliação, cada sítio potencial foi avaliado individualmente. Para apoiar essa avaliação, a prefeitura de Balsas organizou visitas técnicas e sobrevoo dos sítios. Assim, gerou-se uma matriz que pontuou cada área analisada de acordo com o critério observado. A Tabela 6 aponta a matriz com o resultado dessa pontuação.

Tabela 6: Matriz de avaliação das áreas segundo os critérios estabelecidos

Crítérios	Área 1	Área 2	Área 3	Área 3B	Área 4	Área 5	Área 6
Impacto ambiental	4,5	3,0	4,5	5,0	3,0	5,0	1,5
Impacto social	3,5	3,0	2,5	2,5	5,0	3,0	1,0
Impacto arqueológico	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	3,0
Infraestrutura básica	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0
Acessibilidade - qualidade	3,5	4,5	4,5	4,5	4,0	4,5	4,5
Acessibilidade - distância	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	1,0	5,0
PZR	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Risco aviário	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
PBZPA	4,5	3,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Desenvolvimento urbano	5,0	1,0	5,0	5,0	5,0	1,0	1,0
Ventos predominantes	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Topografia/Altimetria	5,0	1,0	4,5	5,0	3,0	4,5	1,0
Hidrografia/Drenagem	5,0	1,0	5,0	5,0	1,0	5,0	5,0
Pedologia	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

4. RESULTADOS

Após a avaliação das áreas por critério, procedeu-se a uma avaliação global das mesmas. Para isso, calcularam-se as pontuações parciais de cada sítio multiplicando-se a avaliação das áreas (apresentada na Tabela 6) pelos pesos de cada critério (Figura 4). A Figura 5 apresenta o resultado da pontuação parcial de cada sítio em relação aos critérios considerados.

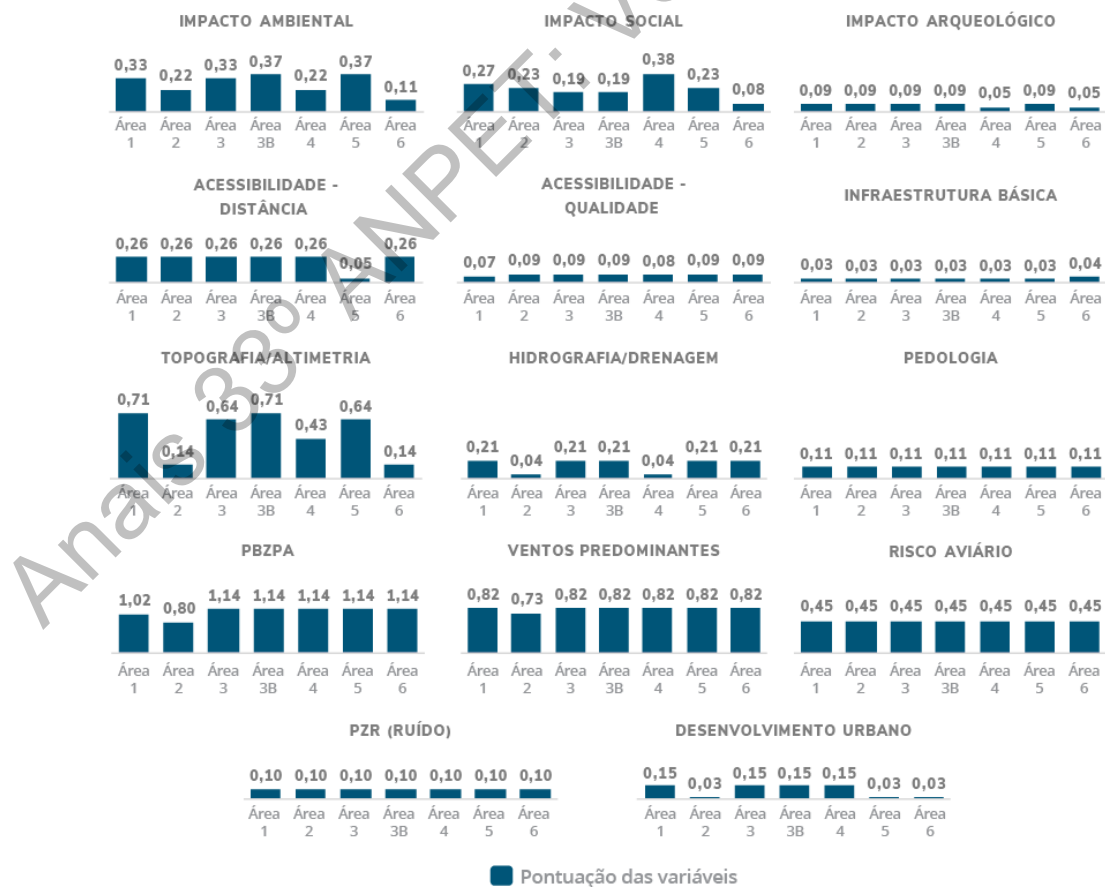


Figura 5: Pontuação parcial de cada sítio

A pontuação final por sítio correspondente ao somatório das pontuações parciais e indica a aptidão de cada área potencial objeto dos estudos realizados. A Área 3B, que obteve a maior pontuação, a Área 1 e a Área 3 foram as indicadas como mais propícias à implantação do novo aeroporto, com base nos critérios considerados. A Figura 6 apresenta o resultado obtido para a pontuação final e uma hierarquização dos sítios potenciais.



Figura 6: Resultados da avaliação global dos sítios potenciais

5. CONCLUSÕES

Este estudo demonstra que o uso de métodos multicriteriais mostra-se adequado ao apoio à tomada de decisão em problemas complexos, como o da escolha de um novo sítio aeroportuário. Dos instrumentos disponíveis, o método AHP é propício ao tratamento de problemas que envolvem variáveis de diferentes dimensões quantitativas e qualitativas. Esse método também possibilita lidar com múltiplos critérios conflitantes, inerentes ao processo de localização de um novo aeroporto, além de prover a participação dos decisores na escolha dos critérios e na estruturação hierárquica destes.

Foram apresentados 14 (quatorze) critérios para a aplicação do método, escolhidos levando-se em consideração as atuais normas e regulamentos brasileiros pertinentes, além da experiência dos técnicos envolvidos no estudo. Da mesma forma, foi construída uma escala Likert para esses critérios, a fim de executar a avaliação das potenciais áreas para o novo aeroporto.

Com relação a características intrínsecas do método AHP, vale fazer algumas observações relevantes. O método apoia-se na necessidade do estabelecimento consensual de critérios ou parâmetros de análise sobre os quais são feitas interpretações e julgamentos para subsidiar uma decisão final. Nesse sentido, deve-se observar que a seleção dos critérios ou parâmetros norteadores das análises pode variar qualitativa e/ou quantitativamente segundo o grau de qualificação, experiência e expectativas dos decisores envolvidos.

Também os julgamentos efetuados para a pontuação e hierarquização desses critérios, quando comparados entre si, estão sujeitos a consensos variáveis conforme essas mesmas qualidades dos decisores. Uma dada equipe técnica pode, portanto, optar por uma base de parâmetros que não contemplaria necessariamente os mesmos itens ou aspectos utilizados por outra equipe. Por outro lado, ainda que a mesma base de parâmetros seja adotada por equipes distintas, o

processo de análise, julgamento e hierarquização dos critérios considerados, ou mesmo dos objetos de análise, pode levar a resultados finais diversos, dado que diferentes linhas de pensamento, entendimento, interpretação e conhecimento são fatores de peso e influência de graus variados entre os envolvidos.

Ainda, por conta de suas características específicas, o método fica sujeito a ponderações, embates e discussões em que a habilidade de argumentação pode se fazer presente, não necessariamente culminando no melhor resultado final. Portanto, a despeito de sua contribuição e adequação como ferramenta aplicável à seleção de sítios aeroportuários, é imprescindível evitar que a suscetibilidade do modelo a um grau de subjetivismo latente se sobreponha aos fundamentos embasados nos conceitos e conhecimentos técnicos necessários para obtenção do melhor resultado final. Para mitigar tais efeitos, foram organizadas visitas técnicas nos sítios, possibilitando-se assim uma avaliação bastante fidedigna das áreas. Também foram realizados diversos encontros entre os técnicos e tomadores de decisão, tanto para a escolha dos critérios de decisão quanto para a avaliação da importância relativa entre eles, considerando-se, ainda, características locais que pudessem ser refletidas na seleção dos critérios de análise.

Em complementação ao método aplicado para o caso do Aeroporto de Balsas, recomenda-se a realização de análises de sensibilidade visando determinar a estabilidade do modelo às variações nos índices de importância relativa dos critérios. Sugere-se, também, a avaliação do impacto de eventuais mudanças de cenários políticos e estratégicos na decisão, conforme apresentado em Granemann e Gartner (1998). Outra evolução refere-se à utilização de métodos de análise multicriterial em conjunto com um Sistema de Informações Geográficas (SIG), como apresentado em Nóbrega et al. (2016). Nesse trabalho, os autores criaram mapas temáticos contendo dados de cada critério e utilizando-se da álgebra de mapas para localizar corredores propícios para a construção de ferrovias. Dessa forma, elimina-se o número discreto de áreas potenciais e trabalha-se com uma área contínua de possibilidades. Tal abordagem também poderia ser utilizada para a localização de sítios aeroportuários, podendo-se fazer uso dos mesmos critérios apresentados neste trabalho.

Embora o método AHP permita diversas abordagens diferentes, os critérios escolhidos e a forma de aplicação do método se adequaram ao caso avaliado neste trabalho. Ao final, recomendaram-se três áreas propícias para estudos mais aprofundados, como o levantamento de custos envolvidos na construção do aeroporto e estudos de viabilidade financeira.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC), à prefeitura de Balsas (MA) e a todos os especialistas entrevistados que colaboraram na aplicação da metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAC (2011) Perigo aviário. In: *Carta de Segurança Operacional* (3ª ed.), Agência Nacional de Aviação Civil, Brasília, DF.
- ANAC (2018) *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 154 – Emenda nº 04*. Agência Nacional de Aviação Civil, Brasília, DF.
- ANAC (2013) *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 161*. Agência Nacional de Aviação Civil, Brasília, DF.
- Barcelos, J. A. (2001) *Aeroporto e Meio Urbano: uma análise das legislações aeronáutica e urbanística em relação aos municípios de Campinas e Ribeirão Preto*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP.
- Braga A. F. e Guedes E. P. (2008) Proposta de cálculo da acessibilidade em aeroportos com o uso de sistemas de

- informações geográficas. *Anais do VII Simpósio de Transporte Aéreo (SITRAER)*, SBTA, Rio de Janeiro, p. 495-505.
- Brasil. Conama (1986) *Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986*. Diário Oficial da União de 17 de fevereiro de 1986, Brasília, DF.
- Brasil. Conama (1995) *Resolução nº 4, de 9 de outubro de 1995*. Diário Oficial da União de 11 de dezembro de 1995, Brasília, DF.
- Brasil (2012). *Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012*. Diário oficial da União de 17 de outubro de 2012, Brasília, DF.
- Brasil. DECEA (2015) *ICA 63-19 Critérios de análise técnica da área de aeródromos*. Departamento do Controle do Espaço Aéreo, Brasília, DF.
- Brasil. SAC (2017). *Projeção de demanda da aviação civil – Passageiros, aeronaves e carga – 2017-2037*. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, Brasília, DF.
- Brasil. SAC (2018). *Plano aeroviário nacional 2018-2038*. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, Brasília, DF.
- Granemann S. R. e I. R. Gartner (1998) Seleção de financiamento para aquisição de aeronaves: uma aplicação do método de análise hierárquica (AHP). *TRANSPORTES*, v. 6, n. 1, p. 18-40.
- IBGE (2018) *Panorama: Balsas*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/panorama>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- Likert, R. A (1932) Technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, v. 22, n. 140, p. 5-55.
- Merkisz-Guranowska, A.; Bieńczyk M.; Kiciński M. e Zmuda-Trzebiatowski P. (2016) Location of airports – selected quantitative methods. *Scientific Journal of Logistics LogForum*, v. 12, n. 3, p. 283-295.
- Migueis Pereira, A. C. (2017) Desapropriações e Remoções na implantação de projetos de infraestrutura: entre avanços e oportunidades perdidas. *REVISTA PUBLICUM*, v. 2, n.3, p. 134-165.
- Mim, H. (1994) Location Planning of Airport Facilities using the Analytic Hierarchy Process. *Logistics and Transportation Review*, v. 30, n. 1, p. 79-94.
- Nóbrega, R. A. A.; Vieira, R. R. T.; Berberian, C. F. Q.; Dias Filho, N.; Masukawa, N.; Ferraz, C. A. M. e Quadro, E. A. T. (2016) Inteligência geográfica para avaliação de propostas de projeto de concessão de corredores ferroviários. *TRANSPORTES*, v. 24, n. 4, p. 75-84.
- Saaty, T. L (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L. e Vargas L.G. (2013) *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks* (2ª ed.). Springer Science+business Media, New York.

Teotonio Ko Freitag (teotonio.freitag@infraestrutura.gov.br)
Subsecretaria de Gestão Estratégica e Inovação, Ministério da Infraestrutura (Minfra)
José dos Santos de Magalhães (jdmagellan@gmail.com)
Anderson Schmitt (anderson_schmitt@yahoo.com.br)
Rafael Cardoso Cunha (ccunha.rafael@gmail.com)
Amir Mattar Valente (amir.valente@ufsc.br)
Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rua João Pio Duarte da Silva, 205, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil