

# Uma Abordagem Multicritério para o Problema de Localização da Comissão de Aeroportos da Região Amazônica

Thales Monteiro Meier<sup>1</sup>, Renata Belluzzo Zironi Mori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 1°/5° Grupo de Aviação – Esquadrão Rumba, Parnamirim/RN – Brasil <sup>2</sup>Academia da Força Aérea (AFA), Pirassununga/SP – Brasil

**Resumo** – A Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA) tem como missão projetar, construir e recuperar aeroportos em regiões inóspitas e de difícil acesso da Amazônia Legal. Para tanto, grandes quantidades de materiais, equipamentos e recursos humanos são deslocados para os diversos canteiros de obras a partir de sua sede e/ou destacamentos. Entretanto, devido às características geográficas, climáticas e de infraestrutura da região, bem como à tendência de mudança na localização geográfica de suas obras, a Comissão enfrenta grandes desafios logísticos. Uma possibilidade para minimizar os esforços logísticos da COMARA é a análise de alternativas de localização para sua sede e destacamentos de forma estratégica. Para tanto, este artigo fez uso do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), por meio do qual foi possível indicar que a mudança da sede da organização para Manaus, com a criação de um destacamento em Belém, é a melhor dentre as três alternativas analisadas.

**Palavras-chave** – COMARA, Modelo de Localização, AHP.

## I. INTRODUÇÃO

A relevância da Amazônia Legal Brasileira, tanto para as visões estratégicas da Defesa quanto da nação, pode ser evidenciada a partir da análise de documentos como a Estratégia (END) e Política Nacional de Defesa (PND) [1]. Contudo, as ações para garantir maior presença do Estado na região tiveram início somente na década de 1940, quando o Presidente Getúlio Vargas passou a destacar uma série de problemas e disparidades entre essa região e o restante do território brasileiro [2].

Decorrente disso, integrar a Amazônia às demais regiões do Brasil tornou-se uma aspiração do Estado, movimento este que teve como uma de suas primeiras medidas a criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), em 1953. A SPVEA tinha por objetivo elaborar planos quinquenais, contendo ações a serem tomadas na Amazônia Legal para promover, principalmente, reformas de base. Dentre estas, estão as relacionadas ao desenvolvimento de um sistema de transporte adequado às peculiaridades da região [3].

Assim, empregar a Força Aérea Brasileira (FAB), por meio do serviço do Correio Aéreo Nacional (CAN), seria de grande valia para atingir os objetivos pretendidos pela SPVEA [4].

A fim de garantir a operação do CAN, no entanto, seria necessário expandir a precária malha de aeródromos da região [4].

Entretanto, a região amazônica era, e ainda é, marcada por grandes dificuldades para a execução de obras de infraestrutura aeroportuária, tais como a escassez de mão de obra e materiais, os elevados custos logísticos envolvidos, bem como as adversas condições climatológicas e geográficas [5].

Tais dificuldades, na época, reduziram a atratividade da região para a contratação de empreiteiras civis. Assim, deu-se início a uma comissão mista FAB/SPVEA que, por meio do decreto 40.551 de 12 de dezembro de 1956, deu origem à Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA) [4].

Com sua sede localizada atualmente em Belém (PA), a COMARA conta com destacamentos de apoio (permanentes) em Manaus, Moura, Tabatinga e São Gabriel da Cachoeira, bem como destacamentos de engenharia (temporários) em Iauaretê, Estirão do Equador, Coari, Alcântara e Natal.

Alguns fatores, no entanto, têm contribuído para que a COMARA reavalie a localização atual de suas instalações, como forma de reduzir os custos logísticos e aumentar a sua eficiência [6]. Isso porque a demanda por obras aeroportuárias vem avançando em direção à Amazônia Ocidental, aumentando o distanciamento entre a atual sede da COMARA e os canteiros de obras. Além disso, é possível dizer que:

- as obras de infraestrutura aeroportuária são, geralmente, de grande porte, requerendo que grandes quantidades de recursos humanos e materiais sejam transportadas até os canteiros de obras. Assim, a sua execução em lugares inóspitos, distantes e de difícil acesso, as tornam tarefas complexas.
- a COMARA utiliza um sistema de transporte capaz de acessar localidades remotas da região amazônica. Entretanto, a grande amplitude geográfica regional, as dificuldades de acesso e a deficiente infraestrutura das vias de transporte implicam no uso contínuo da multimodalidade e em um elevado *transit time*.

Com isso, é possível dizer que estudos de localização podem contribuir para uma eficiente distribuição das instalações da COMARA, com vistas a minimizar os esforços na movimentação de seus recursos humanos e materiais até os canteiros de obra.

## II. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO E O AHP

Nem todas as organizações conseguem explicar o porquê de sua localização. Algumas citam fatores históricos, outras os elevados custos de mudança [7]. Essa discussão é complexa e deve integrar o planejamento de longo prazo das organizações, pela importância de considerar mudanças nos cenários econômico e operacional, que possam ocorrer ao longo do tempo [8].

Os critérios a serem utilizados em estudos de localização podem ser classificados em principais e secundários, de acordo com a sua relevância dentro do escopo do problema. Os primeiros são aqueles originários das prioridades competitivas da organização. Os secundários são os demais que, apesar de importantes, podem ter seu peso no processo decisório reduzido ou até mesmo desprezado pelos tomadores de decisão [9].

A análise desses diferentes critérios implica, muitas vezes, na necessidade da utilização de métodos que permitam sintetizar suas diferentes contribuições em uma determinada medida de utilidade.

Dentre os vários métodos disponíveis para estudos de localização, estão os de análise multicritério, que se destacam pela capacidade de incorporar critérios subjetivos à análise. Dentre esses, um dos mais conhecidos é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), reconhecido atualmente como o método de análise multicritério mais utilizado no apoio à tomada de decisão.

Desenvolvido para promover soluções estratégicas para o Departamento de Defesa dos Estados Unidos, o AHP mostrou-se muito eficaz para solucionar uma gama de diferentes problemas, especialmente nos âmbitos militar e de Defesa [10] [11]. O AHP incorpora um processo racional à tomada de decisão, simplificando decisões complexas por meio da criação de uma estrutura hierárquica para o problema, da definição da importância relativa dos critérios selecionados e da comparação da contribuição efetiva das alternativas disponíveis ao objetivo geral pretendido, à luz dos diferentes critérios [11] [12].

### A. Construção da Estrutura Hierárquica do Problema

No AHP, o problema deve ser dividido em níveis hierárquicos a fim auxiliar a sua compreensão e avaliação. Nesta estrutura, os elementos são distribuídos em 3 níveis distintos: objetivo geral, critérios a serem utilizados na decisão e alternativas disponíveis. Ainda é possível, quando surgir a necessidade, dividir os critérios em unidades menores, denominadas subcritérios [13] [14].

Como regra geral, a estrutura hierárquica deve ser complexa o suficiente para abranger todo o escopo da situação estudada, mas também o mais simples possível, para ser sensível a mudanças em seus parâmetros. Com isso, a equipe responsável poderá empregar quantos níveis de avaliação julgar necessários, sempre buscando exprimir da melhor maneira a realidade do problema [10] [15].

Um modelo genérico para a estrutura do problema pode ser observado na Fig. 1.

### B. Importância Relativa dos Critérios de Análise

A importância relativa de cada um dos critérios e subcritérios, para a avaliação das alternativas é dada pelo valor da sua Prioridade Média Local (PML) [13].

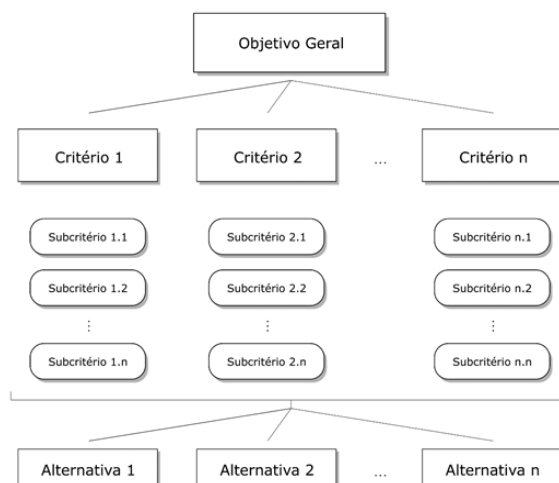


Fig.1. Modelo Genérico para a Estruturação Hierárquica [16]

Para seu cálculo, o AHP prevê a realização de comparações paritárias entre critérios de um mesmo nível ou entre subcritérios relacionados a um mesmo critério. Esse julgamento deve ser realizado por especialistas no problema em análise que, para tal, fazem uso da escala fundamental de Saaty (Tabela I) [14].

TABELA I. ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY [17]

Intensidade de Importância	Definição
1	Mesma Importância
3	Importância pequena de uma sobre a outra
5	Importância Grande de uma sobre a outra
7	Importância Muito Grande de uma sobre a outra
9	Importância Absoluta de uma sobre a outra
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários entre os valores adjacentes

Na realização das comparações paritárias, devem ser priorizados os valores ímpares da escala, usando os pares caso haja falta de consenso na avaliação [15].

As comparações realizadas geram uma matriz de ordem  $n$ , onde  $n$  corresponde ao número de critérios ou subcritérios comparados [12]. Observe a Fig. 2.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Fig.2. Matriz de Julgamentos

Assim, para a elaboração da matriz de julgamento será necessário realizar  $\frac{n*(n-1)}{2}$  comparações paritárias, uma vez que é recíproca, isto é, se o critério 1 possui importância  $a_{12}$  sobre o critério 2, então 2 terá importância de  $1/a_{12}$  sobre 1.

Após a elaboração, a matriz de julgamentos deve ser normalizada. Este processo objetiva padronizar os julgamentos, distribuindo-os em uma escala de mesma razão. Para tanto,

divide-se o valor de cada célula da matriz pelo somatório dos elementos pertencentes à coluna correspondente [18].

A partir da matriz normalizada, é possível calcular a prioridade média local ( $PML_i^c$ ) de cada critério  $i$  e, caso seja necessário, dos subcritérios  $j$  a ele vinculados ( $PML_{i,j}^{sc}$ ), a partir do vetor de Eigen.

O valor aproximado do Vetor de Eigen é obtido a partir do cálculo das médias aritméticas das linhas da matriz normalizada. O resultado, então, exprime em porcentagem a contribuição local de cada critério para a análise [12] [18].

No caso dos subcritérios, a  $PML_{i,j}^{sc}$  reflete a importância relativa do subcritério  $j$  para a análise do critério  $i$  correspondente. Assim, torna-se necessário calcular as prioridades globais do subcritério ( $PG_{i,j}^{sc}$ ), que representam a importância relativa de cada subcritério  $j$  para o objetivo geral pretendido, conforme mostra (1).

$$PG_{i,j}^{sc} = PML_{i,j}^{sc} * PML_i^c \quad \text{para } i = 1..n \text{ e } j = 1..m \quad (1)$$

onde

$PML_i^c$  = prioridade média local do critério  $i$

$m$  = número de subcritérios definidos para o critério  $i$

$n$  = número de critérios definidos

No caso dos critérios que não foram desdobrados em subcritérios a prioridade global ( $PG_i^c$ ) é igual à sua Prioridade Média Local ( $PML_i^c$ ).

### C. Análise de Consistência Lógica

O ser humano possui uma capacidade inata de realizar julgamentos e estabelecer relações lógicas de forma consistente. No entanto, à medida que aumenta a quantidade de variáveis a serem analisadas, a probabilidade de surgimento de inconsistências nestes julgamentos cresce igualmente [14] [19].

Um exemplo básico desta consistência é perceber que, se o critério A é mais importante que B e B mais importante que C, então, o critério A deve ser mais importante que C.

A fim de encontrar inconsistências nos julgamentos paritários, o AHP estabelece dois parâmetros a serem observados. O primeiro é o Índice de Consistência (IC) que pode ser calculado em (2), onde  $\lambda_{max}$  é o auto valor máximo da matriz de julgamentos de ordem  $n$  [12].

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{(n - 1)} \quad (2)$$

O segundo é a razão de consistência (RC), resultante da razão entre o IC e o Índice de Consistência Aleatória (IR) [12]. Observe (3).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (3)$$

Os valores de IR para matrizes de diferentes ordens ( $n$ ) estão apresentadas na Tabela II.

TABELA II. ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIA (IR) [15]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Valores de RC inferiores a 10%, idealmente, significam que a matriz pode ser considerada consistente [12]. A

necessidade de revisão da matriz surge, no entanto, para casos em que o RC assuma valores superiores a 20%, devido ao elevado grau de inconsistência [17].

No caso de inconsistência nos julgamentos de algum indivíduo, tal análise poderia ser excluída do problema, deixando de contribuir para os totais das matrizes resultantes [20].

### D. Obtenção das Matrizes Resultantes

Em análises com diferentes participantes, é necessário agregar os julgamentos em matrizes resultantes. Para tanto, é possível escolher uma dentre duas abordagens, a depender das características da equipe [20]:

- agregação Individual de Julgamentos (AIJ): utilizada por equipes com elevado grau de sinergia, pela percepção de que os participantes renunciam às suas preferências pessoais. Neste caso, são utilizadas médias geométricas para a agregação dos julgamentos, satisfazendo as condições de unanimidade (Princípio de Pareto) e de homogeneidade.
- agregação Individual de Prioridades (AIP): os participantes não renunciam às suas preferências e valores pessoais. Nesse caso, podem ser usadas tanto a média geométrica quanto a aritmética.

### E. Avaliação das Alternativas Propostas

A etapa final do AHP consiste na avaliação das alternativas de solução para o problema de acordo com o seu grau de atendimento ao objetivo geral, sob a luz dos critérios e/ou subcritérios elencados. Na análise aqui pretendida, a avaliação das alternativas foi realizada por meio de uma escala linear (Tabela III) de valores semânticos.

TABELA III. ESCALA PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS [21]

Grau	Significado
1	Alternativa atende extremamente pouco ao critério/subcritério.
2	Alternativa atende fortemente pouco ao critério/subcritério.
3	Alternativa atende muito pouco ao critério/subcritério.
4	Alternativa atende moderadamente pouco ao critério/subcritério.
5	Alternativa não possui relação com o critério/subcritério.
6	Alternativa atende moderadamente ao critério/subcritério.
7	Alternativa atende muito ao critério/subcritério.
8	Alternativa atende fortemente ao critério/subcritério.
9	Alternativa atende extremamente ao critério/subcritério.

Os valores atribuídos pelos avaliadores a cada alternativa, aqui denominados Graus de Atendimento (GA), devem ser, então, multiplicados pelas PG dos critérios e/ou dos subcritérios a que se referem e somados, a fim de obter o Valor Global da Alternativa (VGA), compondo a função de utilidade multiatributo da alternativa (4). Assim, quanto maior for o VGA, mais bem classificada será a alternativa [22].

$$VGA = \sum_{i=1}^x GA_i * PG_i \quad (4)$$

### III. AS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DA COMARA

Com o objetivo de minimizar o esforço logístico na movimentação dos recursos materiais e humanos necessários ao cumprimento da sua missão institucional, foram consideradas três alternativas de localização para a sede da COMARA.

- **Manutenção da sede em Belém:** no momento de sua criação, a sede da COMARA foi estabelecida em Belém devido, naquela época, à maior taxa de desenvolvimento dessa cidade em comparação às demais da região. Apesar de essa não ser mais uma verdade absoluta no contexto regional atual, a manutenção sede em Belém é uma alternativa a ser avaliada devido, principalmente, à infraestrutura existente, aos custos de transferência para outra localidade, bem como à necessidade de investimentos na construção/adequação/ampliação de uma nova sede.
- **Mudança da sede para Manaus:** a percepção de que as obras atuais e futuras da COMARA estão localizadas a oeste de Manaus traz à discussão a possibilidade da mudança da sede da organização para esta localidade. Isso reduziria os custos de movimentação de recursos, bem como o *transit time* até os canteiros de obras. Por outro lado, o custo dessa mudança não pode ser desprezado.
- **Mudança da sede para Manaus, com a criação de um destacamento em Belém:** busca reduzir o esforço logístico da operação, enquanto é aproveitada a infraestrutura atual.

### IV. OS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS CONSIDERADOS NA ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS

Os critérios e subcritérios considerados na avaliação das alternativas de localização da sede da COMARA foram definidos a partir das informações obtidas por meio de entrevista semiestruturada com o Vice-presidente da Organização Militar (OM), bem como de pesquisa documental.

A partir das informações obtidas, foram elencados oito critérios. Destes, cinco foram desdobrados em subcritérios, a fim de considerar diferentes aspectos para a análise.

- **Critério 1. Localização de Obras Futuras (horizonte de tempo de 10 a 20 anos):** decisões de localização são consideradas estratégicas para qualquer organização por envolverem elevados custos, tempo e impactos operacionais. Assim, torna-se necessário avaliar a projeção das obras futuras a serem realizadas. No caso, considerou-se a projeção entre 10 e 20 anos. Devido às características da região amazônica, o esforço logístico da COMARA depende não somente da distância entre a sede e os canteiros de obra, mas também do *transit time*, da necessidade de utilização de transporte multimodal e do custo. Estes, portanto, serão os quatro subcritérios considerados.
- **Critério 2. Localização de Obras Atuais (até os próximos 10 Anos):** é necessário também considerar a localização das obras atualmente em execução pela COMARA. Para isso, estabeleceu-se um horizonte de tempo de 10 anos. Em razão da similaridade entre os critérios 1 e 2, serão utilizados os mesmos subcritérios.
- **Critério 3. Fornecedores:** permite analisar como cada uma das alternativas favorece a obtenção dos suprimentos

necessários à operação. Para tanto, foram considerados os seguintes subcritérios: facilidade de obtenção de suprimentos (por número de fornecedores), qualidade e custo dos suprimentos, bem como o tempo de ressuprimento.

- **Critério 4. Captação de Recursos Humanos:** a possibilidade de captação de recursos humanos (contratação de mão de obra civil) é fundamental para a condução das obras da Comissão. Com isso, é necessário analisar o impacto da localização da sede nesse processo.
- **Critério 5. Necessidade de Investimentos em Infraestrutura:** muitas são as necessidades de infraestrutura para que uma OM de grande porte, como a COMARA, seja abrigada em certa localidade. Neste caso, as alternativas de localização serão avaliadas considerando a necessidade de construção, reforma, adequação e ampliação de: portos fluviais, aeródromos, infraestrutura de alimentação, moradia e saúde para o efetivo, prédios administrativos e estruturas de armazenamento de equipamentos e suprimentos.
- **Critério 6. Necessidade de Investimentos em Estrutura de Apoio:** a estrutura de apoio pode ser compreendida como todo o conjunto de materiais e sistemas que são utilizados na vida vegetativa da OM, como mobiliário, sistemas de informática e tecnologia da informação etc.
- **Critério 7. Recursos Humanos (Efetivo):** no caso de uma mudança de localização da sede, o seu efetivo também será transferido para a nova localidade. Assim, alguns aspectos relacionados ao efetivo foram considerados. São eles: necessidade de aumento do efetivo para trabalho administrativo, impactos sociais da transferência de pessoal, e custos de transferência de pessoal.
- **Critério 8. Aproveitamento da atual infraestrutura da COMARA:** em um cenário de mudança de localidade da sede da COMARA, é necessário considerar o aproveitamento de toda a infraestrutura já existente, uma vez que diferentes alternativas apresentam diferentes níveis de aproveitamento das atuais instalações.

Diante do exposto, a estrutura hierárquica para o problema de localização da COMARA está apresentada na Fig. 2.

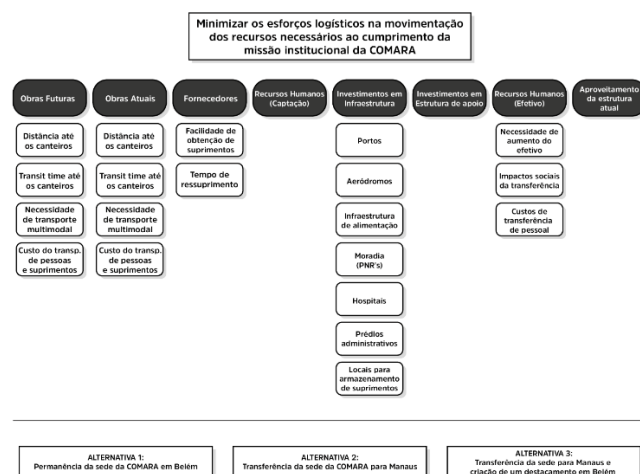


Fig. 2. Estrutura hierárquica do problema de localização da COMARA [21]

### V. JULGAMENTOS PARITÁRIOS PARA ESTABELECI- MENTO DE PRIORIDADES



Para a realização dos julgamentos paritários, foram selecionados, pelo Vice-presidente da COMARA, oito militares com conhecimento e experiência sobre a problemática da localização desta OM.

Esses julgamentos foram sintetizados por meio da AIJ e, portanto, as matrizes resultantes foram obtidas por média geométrica. Estas, então, foram normalizadas, permitindo a obtenção das PML de cada critério e subcritério definidos.

A Tabela IV apresenta as PML dos oito critérios de análise.

TABELA IV: PRIORIDADES MÉDIAS LOCAIS ENTRE OS CRITÉRIOS DE ANÁLISE

Critério	PML
1. Localização de Obras Futuras (de 10 a 20 anos)	0,1825
2. Localização de Obras Atuais (até os próximos 10 Anos)	0,1109
3. Fornecedores	0,1091
4. Captação de Recursos Humanos	0,0780
5. Necessidade de Investimentos em Infraestrutura	0,1567
6. Necessidade de Investimentos em Estrutura de Apoio	0,0891
7. Recursos Humanos (Efetivo)	0,2254
8. Aproveitamento da Atual Infraestrutura da COMARA	0,0483

De acordo com a Tabela IV, o critério de maior importância na análise das alternativas é o 7: Recursos Humanos (Efetivo), seguido pelo 1: Localização de Obras Futuras. Por sua vez, o critério menos importante é o 8: Aproveitamento da Atual Infraestrutura da COMARA.

A Tabela V apresenta as PML de cada um dos subcritérios, dentro do seu critério correspondente.

TABELA V. PRIORIDADES MÉDIAS LOCAIS DOS SUBCRITÉRIOS CONSIDERADOS

Subcritério	PML
<b>Critério 1: Localização de Obras Futuras (de 10 a 20 anos)</b>	
Distância até os canteiros de obras	0,2116
Transit time até os canteiros de obras	0,2791
Necessidade de Transporte Multimodal	0,2105
Custo do Transporte de Pessoas e Suprimentos	0,2988
<b>Critério 2: Localização de Obras Atuais (até os próximos 10 Anos)</b>	
Distância até os canteiros de obras	0,1852
Transit time até os canteiros de obras	0,2140
Necessidade de Transporte Multimodal	0,2483
Custo do Transporte de Pessoas e Suprimentos	0,3524
<b>Critério 3: Fornecedores</b>	
Facilidade de Obtenção de Suprimentos	0,4499
Tempo de Ressuprimento	0,5501
<b>Critério 5: Necessidade de Investimentos em Infraestrutura</b>	
Construção, reforma, adequação e ampliação de Portos	0,1259
Construção, reforma, adequação e ampliação de Aeródromos	0,1389
Construção, reforma, adequação e ampliação de Infraestrutura de Alimentação	0,1365
Construção, reforma, adequação e ampliação de Moradia	0,1095
Construção, reforma, adequação e ampliação de Hospitais	0,1610
Construção, reforma, adequação e ampliação de Prédios Administrativos	0,1352
Construção, reforma, adequação e ampliação de estrutura de armazenamento	0,1931
<b>Critério 7: Recursos Humanos</b>	
Necessidade de Aumento de Efetivo	0,4738
Impactos Sociais da Transferência	0,3561
Custos de Transferência de Pessoal	0,1702

De acordo com a Tabela V, é possível inferir que, para os critérios 1 e 2, o subcritério mais importante a ser considerado é o custo do transporte de pessoal e suprimentos até os canteiros de obras. Para o critério 3, o subcritério mais importante é o tempo de ressuprimento. Já para o critério 5, o subcritério de maior importância é a necessidade de construção, reforma, adequação e ampliação de estrutura de armazenamento para os suprimentos.

Finalmente, para o critério 7, a necessidade de aumento de é o subcritério de maior prioridade.

## VI. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS JULGAMENTOS PARITÁRIOS

Após a elaboração das matrizes de julgamentos paritários resultantes, foi verificada a consistência dos julgamentos realizados, conforme apresenta a Tabela VI.

TABELA VI. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DE JULGAMENTO

Matriz resultante referente à comparação paritária entre	$\lambda_{max}$	CI	RI	CR
os critérios de análise.	8,464832	0,066405	1,41	0,047095
os subcritérios do critério 1	4,077	0,025667	0,9	0,028518
os subcritérios do critério 2	4,038726	0,012909	0,9	0,014343
os subcritérios do critério 3	2	0	0	NIL*
os subcritérios do critério 5	7,128252	0,021375	1,32	0,016193
os subcritérios do critério 7	3,165279	0,08264	0,58	0,142482

\* A matriz de julgamento possui  $n = 2$ . Assim, o RI correspondente é 0 (zero) (Tabela 2), visto que existe a compreensão que em uma análise entre somente 2 (dois) critérios não deve existir margem de inconsistência no julgamento.

Ao observar a Tabela VI, é possível verificar que somente a análise paritária entre os subcritérios pertencentes ao critério 7 contou com um valor maior que a referência de 10% previamente mencionada, resultando em um RC de 14,24%. No entanto, todas as matrizes foram consideradas consistentes, por estarem dentro do parâmetro estabelecido de 20% [17].

## VII. CÁLCULO DAS PRIORIDADES GLOBAIS

Obtidas as PML dos critérios e de seus respectivos subcritérios, determinam-se as PG, a fim de determinar o peso de cada subcritério para a análise. A Tabela VII apresenta os valores de PG dos critérios e subcritérios empregados.

TABELA VII. PRIORIDADES GLOBAIS DOS SUBCRITÉRIOS

Critério	Subcritério	PG
1	Distância até os canteiros de obras	0,0205
	Transit time até os canteiros de obras	0,0237
	Necessidade de Transporte Multimodal	0,0275
	Custo do Transporte de Pessoas e Suprimentos	0,0391
2	Distância até os canteiros de obras	0,0386
	Transit time até os canteiros de obras	0,0509
	Necessidade de Transporte Multimodal	0,0384
3	Custo do Transporte de Pessoas e Suprimentos	0,0545
	Facilidade de Obtenção de Suprimentos	0,0491
4	Tempo de Ressuprimento	0,0600
	NIL	0,0780
5	Construção, reforma, adequação e ampliação de Portos	0,0198
	Construção, reforma, adequação e ampliação de Aeródromos	0,0218
	Construção, reforma, adequação e ampliação de Infraestrutura de Alimentação	0,0215
	Construção, reforma, adequação e ampliação de Moradia	0,0170
	Construção, reforma, adequação e ampliação de Hospitais	0,0252
	Construção, reforma, adequação e ampliação de Prédios Administrativos	0,0211
	Construção, reforma, adequação e ampliação de estrutura de armazenamento	0,0302
6	NIL	0,0891
	Necessidade de Aumento de Efetivo	0,1068
7	Impactos Sociais da Transferência	0,0802
	Custos de Transferência de Pessoal	0,0384
8	NIL	0,0483

De acordo com a Tabela VII, é possível dizer que o subcritério mais importante a ser considerado é a necessidade de aumento do efetivo, em virtude da mudança da localização.

### VIII. AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

A avaliação das alternativas de localização foi realizada pelos mesmos oito profissionais responsáveis pelos julgamentos paritários, fazendo uso da escala apresentada na Tabela III.

Os valores médios dos diferentes GA, atribuídos pelos avaliadores para cada alternativa, foram agregados por meio de uma média geométrica. A partir daí, foram calculados os VGA e os resultados constam na Tabela VIII.

TABELA VIII. VALORES DE VGA PARA CADA ALTERNATIVA DE LOCALIZAÇÃO DA SEDE DA COMARA

Permanência da COMARA em Belém	Transferência da sede da COMARA para Manaus	Transferência da sede da COMARA para Manaus e criação de um destacamento em Belém
5,1090	5,5541	5,9942

Portanto, com um VGA de 5,9942, a transferência da sede da COMARA para Manaus, com a criação de um destacamento de apoio em Belém, foi a alternativa encontrada como aquela que melhor atende ao problema de localização desta OM.

### IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos de localização de facilidades, nativamente, podem ser caracterizados como problemas complexos em função da grande quantidade de critérios de decisão a serem analisados. Na abordagem deste artigo, tal complexidade é ressaltada, pelo grande porte e importância das atividades da COMARA para a Amazônia Legal.

Em uma análise preliminar foram estabelecidos oito critérios, sendo que cinco deles foram desdobrados em subcritérios a fim de facilitar a análise.

Empregando o método AHP, foi possível estabelecer uma ordem de prioridade dentre os diversos critérios/subcritérios selecionados, permitindo que fossem calculadas as contribuições de cada um deles para a análise em pauta.

Neste sentido, o critério considerado, pelos especialistas que participaram da análise, como o mais importante foi “Recursos Humanos (Efetivo)”. Por outro lado, o menos importante, foi o “Aproveitamento da Atual Infraestrutura da COMARA”.

A partir da avaliação das alternativas de localização das instalações da COMARA, sob a luz dos critérios/subcritérios, estabeleceu-se que aquela que melhor atende ao objetivo proposto, para a análise aqui apresentada, é a transferência de sua sede para cidade de Manaus - AM, com o aproveitamento de sua atual infraestrutura em Belém - PA, por meio da criação de um destacamento de apoio nesta localidade.

É possível verificar, ainda, que o modelo apresentado neste artigo pode ser empregado em problemas de natureza similar, especialmente ao se tratar de Organizações Militares, devido ao seu grande número de particularidades, e que foram levadas em consideração nesta análise.

Destarte, compreende-se que o AHP se mostrou adequado aos objetivos do presente artigo, de determinar uma alternativa adequada para o problema de localização da COMARA, de

modo a minimizar os esforços de movimentação dos recursos necessários ao cumprimento de sua missão institucional.

### REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Ministério da Defesa. Política Nacional de Defesa. Brasília – DF, 2012.
- [2] C. E. A. P. C. Renha, A Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia, a Política de Desenvolvimento Regional e o Amazonas (1953-1966). XXIX Simpósio Nacional de História, Brasília - DF, 2017.
- [3] Brasil. Senado Federal. Decreto Numerado Nº 34.132, de 9 de outubro de 1953. Aprova do Regulamento de Plano de Valorização Econômica da Amazônia e dá outras providências. Regulamento do Plano de Valorização Econômica da Amazônia, Rio De Janeiro – RJ, 1953.
- [4] Comissão de Aeroportos da Região Amazônica. Histórico, Missão, Visão e Valores. Disponível Em <https://www2.Fab.Mil.Br/Comara/Index.Php/Historico>. Acesso Em 21 nov. 2019.
- [5] S. Meier. Entrevista com o Vice-Presidente da COMARA. Entrevista concedida a Thales Monteiro Meier. Pirassununga, maio/2019.
- [6] M. A. L. Vieira. Alternativas Para Reduzir Custos Logísticos Na Execução De Obras De Infra-Estrutura Aeroportuária Na Amazônia. Instituto Superior De Administração E Economia - ISAE, Manaus, 2005. 71 p.
- [7] N. Slack; A. Brandon-Jones. Operations Management (9th Edition). (9th Ed.) Pearson. 2019.
- [8] T. M. Sathler. Um Modelo Matemático de Localização de Facilidades e Alocação de Equipamentos na Saúde Pública. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG. 2018.
- [9] L. Ritzman; J. Krajewski. Administração da Produção e Operações. Pearson Prentice Hall. São Paulo - SP. 2004.
- [10] K. G. A. Gomes. Um Método Multicritério para Localização de Unidades Celulares de Intendência da FAB. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro. Rio De Janeiro - RJ, 2009.
- [11] M. A. Bargash et al. Analytical Hierarchy Process Applied to Supermarket Layout Selection. Journal of Applied Research on Industrial Engineering. Amman, v. 4, n. 4, p. 215-226, 20 set. 2017.
- [12] R. V. Vargas. 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., 2010.
- [13] J. F. S. Costa et al. Uma Abordagem Multicritério da Telefonia Móvel no Estado do Rio de Janeiro Através do Método de Análise Hierárquica (AHP). Cadernos do Ime: Série Estatística, Rio De Janeiro, V. 22, P. 16-30, 2007.
- [14] C. S. Marins; D. O. Souza; M. S. Barros. O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: um Estudo de Caso. XLI SBPO 2009: Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, [S. L.], p. 1778-1788, 2009.
- [15] R. W. Saaty. The Analytic Hierarchy Process: What it is and How it is Used. Math Modelling, Pittsburgh, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.
- [16] J. R. X. Alves; J. M. Alves. Definição de Localidade para Instalação Industrial com o Apoio do Método de Análise Hierárquica (AHP). 14f. Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José Dos Campos - SP, 2013.
- [17] R. A. Briozzo; M. A. Musetti. Método Multicritério de Tomada de Decisão: Aplicação ao Caso da Localização Espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24h. Gestão da Produção. São Carlos - SP. 2015.
- [18] W. C. Godoy. Método de Construção das Matrizes de Julgamento Paritários no AHP – Método do Julgamento Holístico. Revista Gestão Industrial, Guaratinguetá – SP, 20 p., 2014.
- [19] T. L. Saaty. The Analytic Hierarchy Process. New York: Mcgraw-Hill, 1980.
- [20] T. C. Costa; M. C. N. Belderrain. Decisão em Grupo em Métodos Multicritério de Apoio à Decisão. Anais Do 15º Encontro De Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA XV ENCITA / 2009, São José Dos Campos - SP, 12 p., 2009.
- [21] T. M. Meier; R. B. Z. Mori. Estudos de Localização: Uma Contribuição à Comissão de Aeroportos da Região Amazônica (COMARA). Academia da Força Aérea, Pirassununga – SP, 111 p., 2020.
- [22] R. A. Pressi. Tomada de Decisão de Investimento Através de Método Multicritério para Fins de Planejamento da Expansão da Distribuição. Mestrado Profissional em Engenharia de Produção, Porto Alegre – RS, 74 p., 2017.