

Análise de Benefícios e Riscos no *Analytic Hierarchy Process* com uso de *Ratings*: Aplicação à Alocação Aeronaves-Alvos

Rainer Ferraz. Passos, Durval João De Barba Junior, Amanda Cecília Simões da Silva e
Prof. Dr. Adilson Marques da Cunha

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Praça Marechal Eduardo Gomes 50 – São José dos Campos – SP. CEP 12.228-900

Resumo — O Comandante de uma Força Aérea Componente deve alocar suas aeronaves para o combate contra alvos definidos. No entanto, este procedimento envolve elevada quantidade de combinações possíveis. Este artigo descreve a construção de um modelo multicritério de apoio à decisão, envolvendo a escolha de uma alternativa, dentre as produzidas previamente com um modelo de programação matemática para otimização da alocação de meios aéreos de combate. Nele, apresenta-se uma aplicação do *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com o uso de *Ratings*, como etapa do processo de decisão, permitindo a inclusão de subjetividade do decisor ao resultado final. Esta possibilidade é considerada relevante devido às incertezas e instabilidades próprias de um conflito armado. O resultado obtido com dados fictícios forneceu vetores de prioridade para seleção dentre “pacotes aeronave-alvo”. Esses vetores representam a atribuição de valor do Comandante aos pacotes obtidos na etapa de otimização, ampliando-se, assim, seus subsídios de apoio à decisão.

Palavras-chaves — Comando e Controle, *Analytic Hierarchy Process*, Alocação Armamento-Alvo.

I. INTRODUÇÃO

“É preciso que os comandantes tenham instrumentos para prever os efeitos tanto físicos quanto cognitivos de linhas de ação específicas. Os efeitos físicos (mais fáceis de serem modelados) representam um alvo mais compensador em curto prazo, mas os efeitos cognitivos (o desafio mais difícil) podem oferecer recompensa maior. Imagine-se um comandante do futuro prevendo as ações e opções do inimigo muito antes que elas ocorram. (...) No mundo de hoje, é evidente que damos grande valor a alcançar efeitos desejados com o mínimo de morte e destruição, já que, na maior parte das vezes, nossos alvos são corações e mentes — não tropas e equipamentos” [1].

Nesta citação, a capacidade de prever as opções do inimigo ainda se encontra em expectativas futuras. Cabe, “no mundo de hoje”, a pesquisa sobre formas de aprimorar a seleção das ações a serem tomadas, a fim de se obter os resultados (ou efeitos) mais interessantes para a consecução de um estado final desejado, delineado pelos decisores do nível político.

Assim, considerando-se que a modelagem absoluta dos efeitos e linhas de ação ainda não é possível, observa-se o contexto do Estado-Maior Operacional (EMO) de uma Força Aérea Componente (FAC) criada para atuar no Teatro de Operação (TO) de um conflito armado.

Rainer F. Passos, rainerfp@ita.br, Tel +55-12-39476890; Durval J. Barba Jr, debarbajr@gmail.com; Amanda C. S. Silva, amanda@ita.br; Adilson M. Cunha, cunha@ita.br.

Um EMO, recebe uma lista priorizada de alvos a serem engajados por seus meios aéreos de combate, deve realizar a alocação de suas plataformas d’armas, configuradas com os armamentos adequados, ao máximo de alvos, conforme sua prioridade, a fim de obter o conjunto de resultados mais interessante para a campanha delineada previamente para o conflito.

A avaliação da adequabilidade de cada tripla plataforma-armamento-alvo é uma atividade notadamente técnica e pouco dependente de outros fatores além das características destes três elementos.

O cálculo da combinação entre as diferentes configurações (plataforma-armamento) e os alvos priorizados (através de valores unitários), que retorne o maior somatório possível de valores unitários, é uma atividade de otimização da alocação de meios para as tarefas.

Já a decisão de qual combinação escolher (*trade-off*) entre o benefício do valor dos alvos visados e o risco de efeitos indesejados (os quais podem ser contra produtivos para o objetivo final [2]), é um exercício de decisão complexo e com critérios conflitantes, o qual, no nível operacional, dispõe de tempo relativamente curto para ser realizado.

Esta pesquisa não propõe a possibilidade do decisor em nível operacional alterar valores, critérios ou priorizações entendidas pelos decisores dos níveis políticos e estratégicos. Nela, apresenta-se apenas o conceito de que, após a priorização de alvos e o cálculo das alocações com melhor retorno de valores unitários, é adequado realizar-se uma análise multicritério das opções de alocação obtidas.

Diante desse quadro, este artigo investiga a possibilidade de aplicação do *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com o uso de *Ratings*, para propiciar uma análise de benefícios e riscos das alternativas de conjuntos de alocação obtidas previamente e caracterizadas pelo tipo de Problema de Alocação Armamento-Alvo (*Weapon-Target Assignment – WTA - Problem*).

Esta pesquisa não objetiva apontar as soluções para o decisor, mas sim dotar um EMO de um modelo de análise multicritério a fim de apoiar o decisor (neste caso o Comandante de uma FAC), ampliando sua consciência sobre os possíveis efeitos ocasionados pelas ações tomadas, possibilitando, desta forma, mitigar a ocorrência de efeitos indesejados.

Este trabalho apresenta, na segunda seção, a construção de um modelo e a seleção de um método utilizado. A terceira seção trás um exemplo de aplicação do método proposto, utilizando critérios fictícios e bases de dados de trabalhos anteriores, o que conduziu às considerações finais registradas na sua quarta e última seção.

II. CONSTRUÇÃO DO MODELO DE TOMADA DE DECISÃO

A análise multicritério proposta é visualizada como uma terceira etapa em um processo decisório. Conforme comentado na introdução, a Etapa 1 seria a priorização dos alvos, que, por si só, pode compreender diversos processos já abordados em outros trabalhos como o de Vieira Junior *et al.* [3]. Neste caso a Etapa 2 do processo decisório envolveria a alocação armamento-alvo fruto da modelagem e da otimização do problema do tipo WTA, como apresentado nas pesquisas de Ahuja *et al.* [4], Pederson, [5] e Passos e Cunha [6].

Esse conceito de três etapas do processo decisório parte da hipótese de que, devido à inexistência do modelo absoluto comentado por Deptula [1], o comandante de uma FAC pode ter a percepção mais próxima e detalhada das características de um TO sob a sua responsabilidade e, em consequência, poderá perceber os riscos da ocorrência de alguns efeitos indesejados.

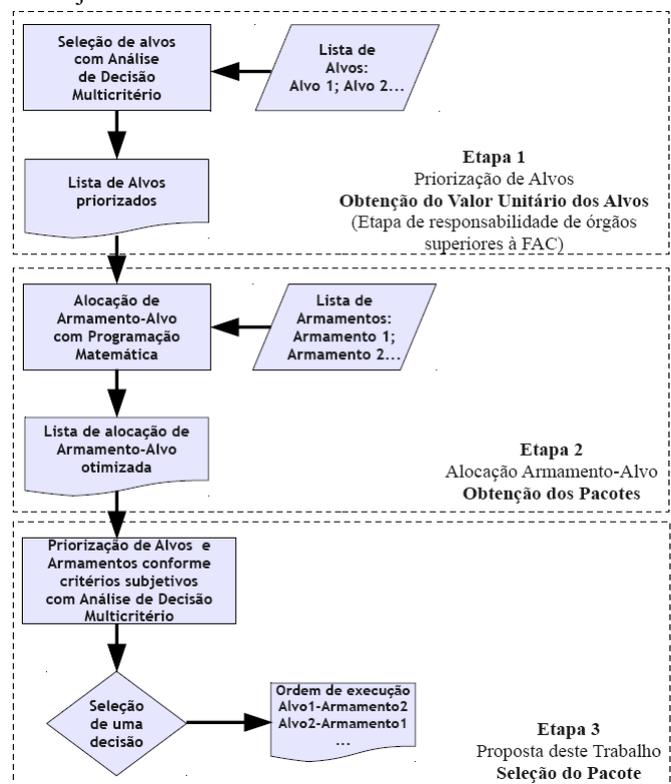


Fig. 1. Fluxograma do processo de seleção de um problema do tipo WTA.

A Fig. 1 sintetiza o conjunto do conceito em que se encaixa a análise proposta.

A abordagem utilizada neste artigo engloba a Etapa 3, que oferece a possibilidade de entendimento dos valores do Comandante envolvido na tomada de decisão, ao analisar as alternativas geradas pelo modelo WTA (neste artigo denominadas de Pacotes), em relação aos critérios não técnicos e fictícios criados para este trabalho.

Conforme descrito na introdução deste artigo, o contexto aqui considerado é o de um Estado-Maior Operacional (EMO), cujo chefe desempenharia o papel de facilitador para o Comandante da FAC, o qual, por sua vez, representaria o decisor.

Uma vez definindo-se dessa forma os atores e assumindo-se os conjuntos de alocações fornecidos pelo problema do tipo WTA como as alternativas a serem analisadas, dentro da problemática de seleção, seguiu-se com a construção do modelo para a aplicação do AHP.

A Estruturação do Problema

O problema foi abordado, inicialmente, utilizando-se um dos autores como decisor e outro como facilitador. Assim foi definido junto ao decisor o rótulo que melhor descreve o problema: "Escolher um Pacote".

Em seguida, com o intuito de identificar quais são os objetivos, as metas e os valores que o decisor considera em seu problema, definiram-se os Elementos Primários de Avaliação e cada um deles foi orientado à ação, para a construção dos conceitos.

No terceiro passo, encontrou-se o oposto psicológico de cada pólo, para dar um sentido de intensidade aos conceitos [7]. Uma vez realizados os passos anteriores, passou-se a elaborar o mapa cognitivo ilustrado na Fig. 2.

Para reduzir a complexidade na elaboração do Mapa Cognitivo, identificam-se as suas características estruturais, levando-se em conta a sua forma. Este passo de análise do mapa visa organizar e hierarquizar os diversos aspectos a serem levados em conta, quando da avaliação das ações, além da estrutura hierárquica melhorar o entendimento do decisor sobre o seu problema.

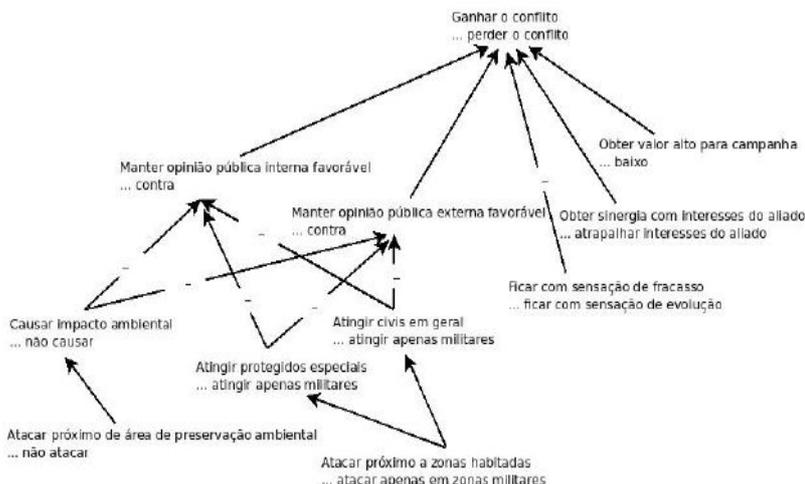


Fig. 2. Ilustração do mapa cognitivo do problema proposto.

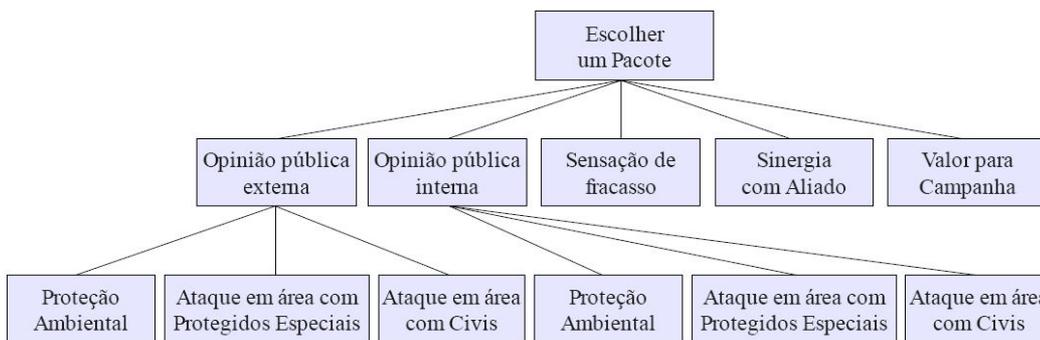


Fig. 3. Estruturação da hierarquia.

A Fig. 3 mostra a estrutura hierárquica com seus critérios e sub-critérios de mensuração. Nela, observa-se que não existe o último nível das alternativas, no passo de estruturação do problema. Esta é a forma como o uso de *Ratings* se distingue da aplicação tradicional de AHP.

Dessa forma, no passo de julgamento, faz-se necessário realizar a comparação par a par das categorias para cada critério e/ou sub-critério, levando-se em consideração os valores dos *Ratings* na ponderação final [8].

Os significados de cada critério e sub-critério da estrutura hierárquica são explicados na seqüência:

- **Opinião Pública Externa (OPE)** - caso as nações não envolvidas no conflito não percebam legitimidade nos objetivos, na forma de condução ou nas conseqüências dos ataques, elas poderão interferir em favor de nosso oponente, por meio de participações diretas ou através de mecanismos internacionais;
 - **Ataque em área com -**
 - i. **Proteção ambiental (APE)** - este conceito representa o risco de uma percepção ruim causada por um possível erro em ataque próximo de área de proteção ambiental – influenciando negativamente a opinião pública interna e externa;
 - ii. **Civis (ACE)** - este conceito representa o risco de uma percepção ruim causada por um ataque a um ponto ocupado por civis, ou por algum erro em ataque próximo a áreas civis – influenciando negativamente a opinião pública interna e externa; e
 - iii. **Protegidos especiais (AEE)** – este conceito representa o caso anterior, mas com maior intensidade devido às estruturas atingidas serem hospitais, escolas ou campos de refugiados;
- **Opinião Pública Interna (OPI)** representa a idéia de que a sustentação do combate depende da manutenção da mobilização nacional. Sendo assim:
 - o O período de conflito interfere na produção e rotina dos civis; e
 - o Caso os nacionais não percebam legitimidade nos objetivos do conflito, em sua forma de condução ou nas conseqüências dos ataques, podem perder a vontade de apoiar e sustentar a manutenção do conflito.
- **Ataque em área com**
 - i. **Proteção ambiental (API)** - este conceito representa o risco de uma percepção ruim causada por um possível erro em ataque próximo de área de proteção ambiental – influenciando negativamente a opinião pública interna e externa;
 - ii. **Civis (ACI)** - este conceito representa o risco de

uma percepção ruim causada por um ataque a um ponto ocupado por civis, ou por algum erro em ataque próximo a áreas civis – influenciando negativamente a opinião pública interna e externa; e

iii. **Protegidos especiais (AEI)** - este conceito representa o caso anterior, mas com maior intensidade devido às estruturas atingidas serem hospitais, escolas ou campos de refugiados;

- **Sensação de Fracasso (SF)** – este conceito foi utilizado para representar o efeito causado por duas conseqüências do caso em que o oponente consegue rechaçar um ataque:
 - A perda de armamento e eventualmente de militares e aeronaves que podem diminuir o moral e a disciplina das tropas; e
 - O fracasso de uma missão planejada, isto é, a realização de esforço sem resultado para o sucesso na campanha.
- **Sinergia com Aliado (SA)** – este conceito busca sintetizar a importância de se considerar:
 - Se os ataques selecionados estão de acordo com os interesses específicos dos aliados no conflito; ou
 - Se, apesar de terem sido avaliados como relevantes para a campanha, podem avariar uma estrutura cuja manutenção seja de interesse de pelo menos um dos aliados (por exemplo um aeródromo oponente que o aliado pretende controlar e utilizar, ou mesmo uma usina binacional que produza energia para o oponente e o aliado simultaneamente);
- **Valor para a Campanha (VC)** – este conceito envolve a forma como se expressa a importância relativa dos alvos. Para tal, assume-se que o conjunto de todos os alvos, delineados como necessários para atingir o estado final desejado, sejam 100% da campanha e que cada alvo tenha um valor unitário, representando uma parcela desta porcentagem [3] e [6].

B Escolha do Método Empregado

A análise da estrutura hierárquica da Fig. 3, somada com a descrição dos critérios e sub-critérios, leva em conta várias considerações quanto ao Teatro de Operação. As considerações positivas (Sinergia com aliado e Valor da campanha) são os benefícios que a decisão pode criar e as negativas (Opinião pública interna e externa e Sensação de fracasso) são os riscos que a decisão pode acarretar.

Dessa forma, optou-se por escolher o método AHP, com uma análise de Benefício e Risco (BR), denominada neste trabalho por AHP-BR.

O AHP foi um dos primeiros métodos para resolução de problemas multicritérios de tomada de decisão. Ele permite a

utilização de dados qualitativos e/ou quantitativos mensuráveis, que podem ser tangíveis ou intangíveis, na análise de critérios. Ele tem sido utilizado para auxiliar nos processos de decisão para os mais diversos fins, desde a análise de terrorismo (feita para uma Agência de Controle de Armas e Desarmamento de Portugal) até à disposição de recursos em questões governamentais [9] e [10].

Quando aborda questões envolvendo Benefícios (B) e Riscos (R), denominados méritos, o AHP utiliza duas estruturas separadas para a decisão, sendo uma para o controle dos benefícios, com sua hierarquia de critérios e outra estrutura para os riscos, com sua própria hierarquia, independente da primeira.

Cada uma dessas questões contribui para o mérito de uma decisão e elas são avaliadas individualmente. Desta forma, pode-se sintetizar o resultado das alternativas para cada uma das estruturas B e R separadamente [11].

Utilizou-se a fórmula $bB_i - rR_i$ para a obtenção das prioridades globais das alternativas. Onde “b” e “r” são os pesos dos méritos Benefícios e Riscos, respectivamente, e B_i e R_i são os desempenhos da alternativa i em cada um desses méritos. Como os méritos encontram-se conectados a um objetivo fundamental no topo da hierarquia, deve-se realizar uma comparação par a par entre eles para obtenção dos pesos (vetor de prioridade) de “b” e “r” [11].

Novas alternativas técnicas para a problemática considerada podem ser obtidas, diariamente, por um modelo matemático, conforme a situação de um TO. Por isto utilizou-se de *Ratings*. Pois este método possui uma estrutura de avaliação planejada (fixa) e cada alternativa é avaliada de acordo com seu desempenho em cada critério, diminuindo relativamente o número de julgamentos requeridos [8]. Assim torna-se possível inserir as novas alternativas, constantemente, sem alterar a estrutura de avaliação planejada.

C Modelo Multicritério

As Fig. 4 e 5 apresentam o modelo AHP-BR com o uso de *Ratings* para a estruturação do problema. Como o principal objetivo da utilização deste modelo é conhecer melhor o problema, o decisor optou por não diferenciar os pesos dos méritos Benefícios e Riscos, ou seja, considerando que os valores tanto para “b” quanto para “r” são iguais.

É importante salientar-se que, estes pesos e os próprios critérios podem variar ou serem revistos de acordo com a vontade do decisor, conforme a época ou o estado da campanha.

Com essa estrutura, o decisor necessita realizar um julgamento para o primeiro mérito (Benefícios) e nove julgamentos para o outro mérito (Riscos). Assim, ele deve explicitar quanto uma alternativa lhe parece mais importante que outra, utilizando-se da Escala Fundamental de Saaty [12].

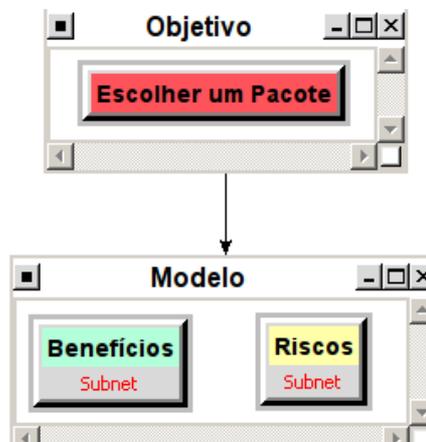


Fig. 4. Estrutura principal do modelo AHP-BR.

As estruturas para Benefícios e Riscos são apresentadas na Fig. 5.

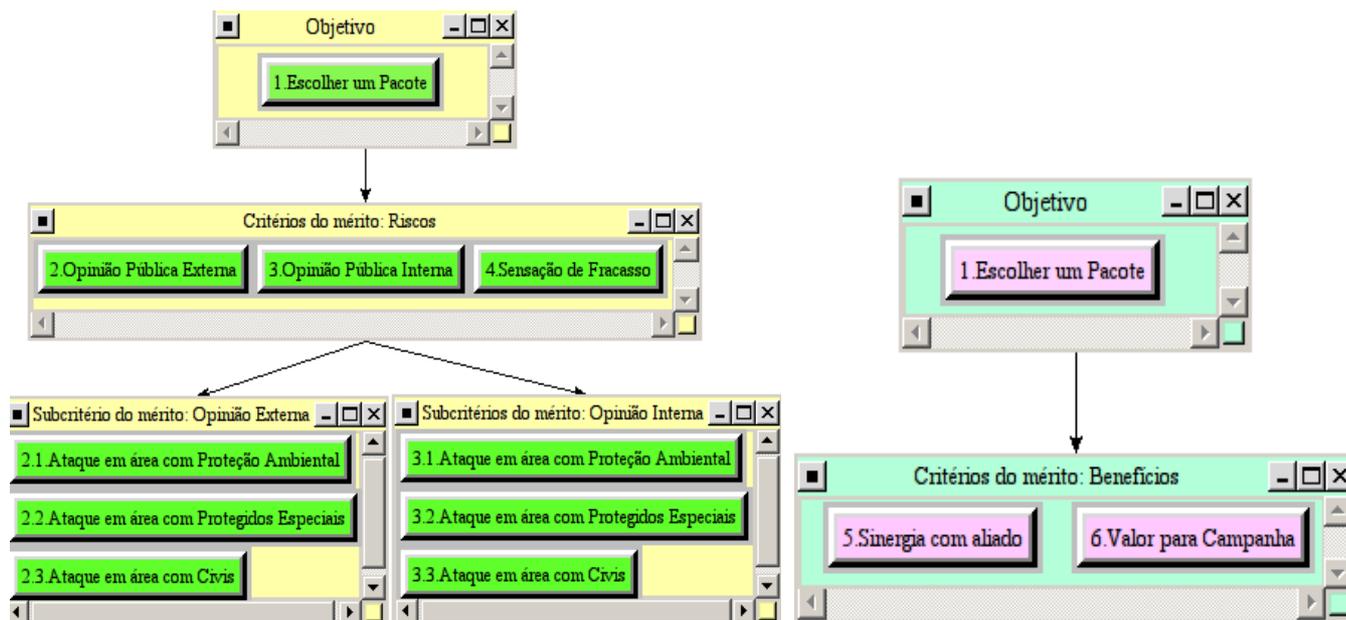


Fig. 5. Hierarquia de decisão para Riscos (esquerda) e para Benefícios (direita).

A Tabela I mostra os vetores de prioridades encontrados para os critérios e sub-critérios dos méritos Benefícios e Riscos, após esses julgamentos.

Para a obtenção dos valores numéricos dos *Ratings* utiliza-se o processo de comparação par a par do método AHP (Tabela II). Simulou-se novamente o primeiro autor como decisor e o segundo como facilitador, bem como para a avaliação das alternativas, quando o decisor respondeu em que categoria (*Ratings*) as alternativas se encontravam.

TABELA I PRIORIDADES DOS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS DOS MÉRITOS BENEFÍCIOS E RISCOS

Mérito	Critério ou Subcritério	Vetor de prioridades
Riscos	2. OPE	0,105
	2.1.APE	0,238
	2.2.AEE	0,625
	2.3.ACE	0,137
	3. OPI	0,258
	3.1.API	0,072
Benefícios	3.2.AEI	0,649
	3.3.ACI	0,279
	4. SF	0,637
	5. SA	0,125
	6. VC	0,875

TABELA II VALORES DE RATINGS PARA OS CRITÉRIOS E SUB-CRITÉRIOS

Critério ou Subcritério	Categoria	Valor da Categoria
2.1.APE	Dano alto em área de grande impacto	0,643
	Dano baixo em área de grande impacto	0,192
	Dano alto em área de pequeno impacto	0,125
	Dano baixo em área de pequeno impacto	0,040
2.2.AEE	Dano com muitas mortes	0,589
	Dano com poucas mortes	0,357
	Dano sem mortes prováveis	0,054
2.3.ACE	Dano com muitas mortes	0,603
	Dano com poucas mortes	0,315
	Dano sem mortes prováveis	0,082
3.1.API	Dano alto em área de grande impacto	0,607
	Dano baixo em área de grande impacto	0,211
	Dano alto em área de pequeno impacto	0,134
	Dano baixo em área de pequeno impacto	0,048
3.2.AEI	Dano com muitas mortes	0,582
	Dano com poucas mortes	0,348
	Dano sem mortes prováveis	0,069
3.3.ACI	Dano com muitas mortes	0,600
	Dano com poucas mortes	0,300
	Dano sem mortes prováveis	0,100
4. SF	Razão escolta x interceptador < 1	0,758
	$1 \leq$ Razão escolta x interceptador $\leq 1,5$	0,151
	Razão escolta x interceptador > 1,5	0,091
5. SA	Forte apoio a aliado	0,566
	Fraco apoio a aliado	0,267
	Não apoia aliado	0,127
	Contra aliado	0,040
6. VC	Valor > 95	0,312
	$90 < \text{Valor} \leq 95$	0,282
	$85 < \text{Valor} \leq 90$	0,155
	$80 < \text{Valor} \leq 85$	0,107
	$75 < \text{Valor} \leq 80$	0,074
	$70 < \text{Valor} \leq 75$	0,051
	$60 < \text{Valor} \leq 70$	0,035
$40 < \text{Valor} \leq 60$	0,025	
$0 < \text{Valor} \leq 40$	0,018	

III. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

A Fig. 6 ilustra um Teatro de Operações hipotético proposto por Vieira Junior *et al.* [3] onde se deseja obter a superioridade aérea no TO (representado pelo Rio Grande do Sul), para o qual foram levantados vários alvos de interesse.

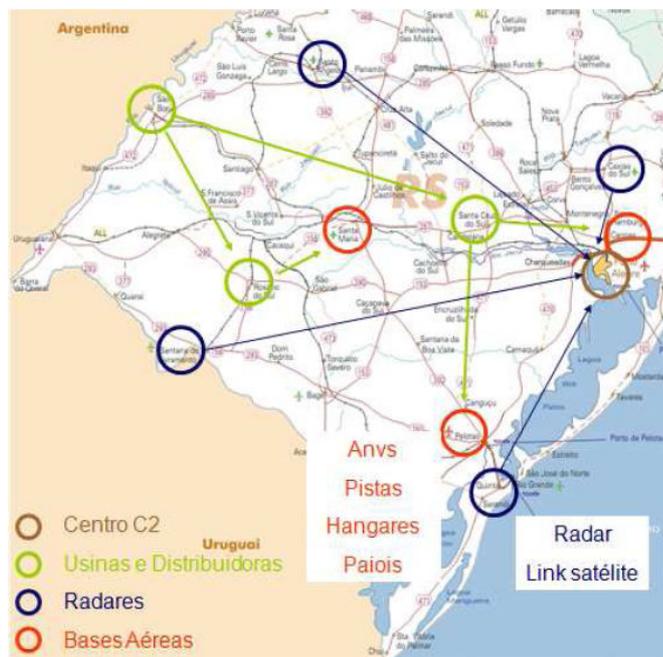


Fig. 6. TO hipotético para simulação do modelo proposto [3].

A Tabela III apresenta os pacotes gerados pela etapa de Alocação de armamento-alvo, com um Método de Programação Matemática [6]. Os elementos desta tabela são descritos a seguir, conforme Vieira Junior *et al.* [3].

- Centro: Centro de Comando e Controle (C2);
- Distr.: Distribuidora de eletricidade (B1 e B2);
- Link: Antena Link da base aérea (B1, B2 e B3);
- Pista: Pista de pouso da base aérea (B1, B2 e B3);
- Paiol: Paiol de armazenamento da base (B1, B2 e B3); e
- Radar: Radar (R1, R2, R3 e R4).

TABELA III LISTA DE ALOCAÇÃO ARMAMENTO-ALVO [6]

Pacote	Alvos						Anvs de escolta
	Centro	Distr	Link	Radar	Pista	Paiol	
1	C2	B1	B1	R1 e R4	B2 e B3	B3	0
2	C2	B1 e B2		R1 e R4	B2	B3	2
3	C2	B1	B1	R1 e R4	B2	B3	4
4	C2	B1 e B2		R1 e R4		B3	6
5	C2	B1 e B2		R4	B2	B3	8
6	C2	B1	B1	R4	B2	B3	10
7	C2	B1		R1 e R4		B3	12

Além dessas condições, sabe-se que: o aliado possui interesse em utilizar a Base Aérea B3 (Pista e Pátio); o Radar R1 e o Paiol da Base B2 estão próximos de áreas habitadas por civis; a Pista da Base 2 encontra-se próxima de uma escola; e o Radar R4 encontra-se em área de proteção ambiental.

Com a implementação dessas considerações no modelo AHP-BR utilizando *Ratings*, obteve-se o enquadramento dos pacotes nas categorias conforme indicado na Tabela IV.

TABELA IV CLASSIFICAÇÃO DOS PACOTES EM SEUS RATINGS

Critérios e subcritérios	Pacote						
	1	2	3	4	5	6	7
2.1.APE	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
2.2.AEE	0,092	0,092	0,092	0,0	0,092	0,092	0,0
2.3.ACE	0,523	0,523	0,523	0,523	0,0	0,0	0,523
3.1.API	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
3.2.AEI	0,119	0,119	0,119	0,0	0,119	0,119	0,0
3.3.ACI	0,500	0,500	0,500	0,500	0,0	0,0	0,500
4. SF	1,000	1,000	1,000	0,199	0,199	0,119	0,119
5. SA	0,070	0,224	0,224	0,224	0,224	0,224	0,224
6. VC	1,0	1,0	0,712	0,498	0,498	0,344	0,237

A partir dos resultados apresentados na Tabela IV, o cálculo do vetor de prioridades das alternativas quanto a cada mérito foi realizado pelo somatório do produto entre o valor do Rating (idealizado) para a alternativa e a respectiva prioridade global de cada critério ou subcritério (Eq. 1).

$$Prioridade_{pacote} = \sum rating_{pacote, critério} \cdot prioridade_{critério} \quad (1)$$

A normalização dos resultados obtidos com a Eq. 1 consolida as prioridades quanto a cada mérito, apresentadas para o decisor em três figuras: Fig. 7 com os resultados para o mérito Benefícios; Fig. 8 para o mérito Riscos; e Fig. 9 com os resultados finais obtidos com a utilização da fórmula aditiva: $bb_i - rR_i$.

Desta forma, o decisor conta com mais subsídios para analisar os diferentes conjuntos de alocação armamento-alvo (pacotes).

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Pacote 1		0.978760	0.224875	0.224875
Pacote 2		1.000000	0.229756	0.229756
Pacote 3		0.721299	0.165722	0.165722
Pacote 4		0.513667	0.118018	0.118018
Pacote 5		0.513667	0.118018	0.118018
Pacote 6		0.364770	0.083808	0.083808
Pacote 7		0.260291	0.059803	0.059803

Fig. 7. Resultado para o mérito Benefício.

A Fig. 7 apresenta a ordenação de prioridades dos Pacotes quanto ao mérito Benefícios: $2 > 1 > 3 > 4 = 5 > 6 > 7$. Já a Fig. 8 mostra a ordenação de prioridades dos Pacotes quanto ao mérito Riscos: $1 = 2 = 3 > 4 > 5 > 7 > 6$.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Pacote 1		1.000000	0.263755	0.263755
Pacote 2		1.000000	0.263755	0.263755
Pacote 3		1.000000	0.263755	0.263755
Pacote 4		0.246041	0.064895	0.064895
Pacote 5		0.221445	0.058407	0.058407
Pacote 6		0.149660	0.039473	0.039473
Pacote 7		0.174255	0.045961	0.045961

Fig. 8. Resultado para o mérito Riscos.

Pode-se observar que os Pacotes 1, 2 e 3 destacam-se tanto na Fig. 7 quanto na Fig. 8, indicando que, por um lado, possui os maiores Benefícios, mas, por outro, envolvem também os maiores Riscos.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Pacote 1		-0.396597	-0.113742	-0.038879
Pacote 2		-0.346816	-0.099465	-0.033999
Pacote 3		-1.000000	-0.286794	-0.098032
Pacote 4		0.541895	0.155412	0.053123
Pacote 5		0.608070	0.174391	0.059610
Pacote 6		0.452242	0.129700	0.044334
Pacote 7		0.141205	0.040497	0.013843

Fig. 9. Resultado final com a utilização da fórmula $bb_i - rR_i$.

Destes resultados obtidos, destaca-se que a Fig. 9 possui duas partes: uma com representação de prioridades em vermelho, onde os Riscos superaram os Benefícios (Pacotes 1, 2 e 3), e outra em azul onde os Benefícios superaram os Riscos (Pacotes 4, 5, 6 e 7).

Observa-se também a ordenação de prioridade dos Pacotes: $5 > 4 > 6 > 7 > 2 > 1 > 3$; leva à recomendação da seleção do Pacote 5 ou eventualmente do 4, coincidentes com os pacotes destacados na discussão sobre sensibilidade do trabalho de Passos e Cunha [6].

Assim, identifica-se que, após a aplicação da Etapa 3 do processo decisório, proposta neste trabalho, o decisor passou a contar com mais resultados de comparação entre as alternativas, proporcionando-lhe perspectivas mais detalhadas sobre os riscos e benefícios de cada uma.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após realizadas as considerações sobre os resultados que apontaram para o aumento dos subsídios disponíveis ao Comandante de uma FAC para melhor analisar os diferentes conjuntos de alocação armamento-alvo, a análise AHP-BR proposta neste trabalho ampliou as perspectivas sobre as alternativas geradas.

Conclui-se assim que foi alcançado o objetivo de investigar a possibilidade de aplicação do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), analisando-se Benefícios e Riscos, com o uso de Ratings.

Para tal, foi descrito o contexto e a importância do tipo de problema abordado e relatados os passos executados para estruturar o modelo, incluindo-se o mapa cognitivo. Além disso, foram discutidas as principais características de interesse da análise AHP-BR e do Ratings para um problema específico e construído um modelo que, apesar de fictício, pode ser testado com dados da literatura.

Dessa forma, a aplicação dos conceitos apresentados pôde ser realizada em um processo decisório em três Etapas, sendo a Etapa 3 o foco principal deste artigo.

Recomenda-se o prosseguimento desta pesquisa para se dotar um EMO com um modelo de análise multicritério, a fim de apoiar o Comandante da FAC, testando-se outros métodos de apoio à decisão ou outras formas de se ordenar as Etapas de um processo de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- [1] DEPTULA, D. A. Operações baseadas em efeitos. *Air And Space Power Journal em Português*, 2006. Disponível em: <<http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-p/2006/2tri06/deptula.html>>. Acesso em: 06/06/2010.
- [2] Estados Unidos da América, “Joint Targeting – Joint Publication 3-60”. 2007. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/doctrine/doctrine/doctrine.htm>>. Acesso em: 30/09/2009.
- [3] VIEIRA Junior, H., KIENITZ, K.H., BELDERRAIN, M.C.N. “Metodologia de Apoio a Decisão para os Processos de Seleção de Alvos e Armamentos.” Anais do XII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – SPOLM 2009.
- [4] AHUJA, R. K., KUMAR, A. JHA, K. C. e ORLIN, J. B. “Exact and Heuristic Algorithms for the Weapon-Target Assignment Problem.” *Operations Research* Vol 55, nº 6, 2007: 1136-1146.
- [5] PEDERSON, D. “Ensuring Schedulability in the Weapon Target Assignment Problem” 76th MORS Symposium, 2008. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA490120&Location=U2&doc=GefTRDoc.pdf>>. Acesso em: 10/11/2009.
- [6] PASSOS, R. F., CUNHA, A. M., Modelagem da atribuição de aeronaves a alvos conforme requisitos operacionais de uma Força Aérea. XIII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – SPOLM 2010.
- [7] ENSSLIN, L., MONTIBELLER Neto, G., NORONHA, S. M. Apoio à Decisão: Metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001.
- [8] SAATY, T. L Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, Vol 1, nº 1, 2008: 83-98.
- [9] GOMES, L. F. A. M., Teoria da Decisão. São Paulo: Thompson Learning, 2007. (Coleção debates em administração).
- [10] JORDÃO, B. M. C., PEREIRA, S. R. A análise multicritério na tomada de decisão: O método analítico hierárquico de T. L. Saaty, disponível em: <http://prof.santana-e-silva.pt/gestao_de_empresendimentos/trabalhos_alunos/word/Met_Analitico_Hierarquico-Caso_pratico_DOC.pdf>. Acesso em: 03/06/2009.
- [11] SAATY, T. L., VARGAS, L. G. Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks . New York: Springer, 2007.
- [12] SAATY, T. L The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making. In: Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (Ed.). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Boston: Springer Science + Business Media, 2005. Cap. 9.