

# Aplicação do Value-Focused Thinking e Diagramas de Influência no Processo de Seleção de Alvos sob o Enfoque de Operações Baseadas em Efeitos

Cap. Av. Eduardo Barrios, Prof. Dr. Carlos Henrique Costa Ribeiro e Profª. Dra. Mischel Carmen Neyra Belderrain

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Pça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias – São José dos Campos - SP

**Resumo** — Este artigo propõe a utilização do *Value-Focused Thinking (VFT)* e do diagrama de influências para apoio à decisão no processo de seleção de alvos sob o enfoque de Operações Baseadas em Efeitos. O processo de seleção de alvos tem como uma das fases de seu ciclo a priorização dos alvos, enquadrando-o como um problema de decisão tradicional de ordenação. As Operações Baseadas em Efeitos vão de encontro às idéias militares tradicionais de aniquilação e atrito, uma vez que estão focadas nos efeitos ao invés de na destruição. Isto torna a técnica do *value-focused thinking* totalmente compatível, na medida em que seu foco está voltado para os valores e não para as alternativas. O diagrama de influências pode representar explicitamente, de forma sistemática, as relações ações-efeitos e efeitos-efeitos. Assim, permite calcular para cada ação disponível, representando um alvo ou conjunto de alvos, a utilidade esperada e, na seqüência, a priorização dos mesmos.

**Palavras-chaves** — EBO, Value-focused thinking, Diagramas de Influência, Apoio à Decisão.

## I. INTRODUÇÃO

As Operações Baseadas em Efeitos (*EBO – Effects-based Operations*) ganharam destaque por terem sido utilizadas com sucesso na primeira Guerra do Golfo. Vão de encontro às idéias militares tradicionais de aniquilação e atrito, uma vez que estão focadas nos efeitos ao invés de na destruição. O processo de seleção de alvos tem como uma das fases de seu ciclo a priorização dos alvos, enquadrando-o como um problema de decisão tradicional de ordenação. Este artigo tem como objetivo propor a utilização do *Value-Focused Thinking* e do diagrama de influências para apoio à decisão. Os fundamentos teóricos são apresentados na seção 2, o modelo proposto é apresentado e exemplificado na seção 3 e o artigo encerra com uma simulação para observar a contribuição da criação de melhores alternativas numa situação hipotética de combate apresentada e analisada nas seções 4 e 5 respectivamente.

Cap Av Eduardo Barrios, [ebarrios@ita.br](mailto:ebarrios@ita.br), Tel+55-61-37979794; Prof. Dr. Carlos Henrique Costa Ribeiro, [carlos@ita.br](mailto:carlos@ita.br), Tel +55-12-39475895; Dra. Mischel Carmen Neyra Belderrain, [carmen@ita.br](mailto:carmen@ita.br), Tel. +55-12-39475900.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

As Operações Baseadas em Efeitos ganharam destaque em 1991, na primeira Guerra do Golfo, quando foram utilizadas como filosofia norteadora no processo de seleção de alvos.

Segundo o *Air Force Doctrine Document 1* (2003), as EBO são ações empreendidas contra sistemas inimigos destinadas a alcançar efeitos específicos que contribuam diretamente para resultados militares e políticos desejados.

O domínio dos efeitos contrapõe as idéias militares mais tradicionais de aniquilação e atrito, centradas na destruição. Para o Tenente-General Deptula (2006), da *USAF (United States Air Force)*, concentrando-se nos efeitos (finalidade da estratégia) em vez de no entrelaçamento de forças (meio tradicional de alcançar isto), pode-se considerar meios mais eficazes de alcançar o mesmo objetivo de maneira mais rápida que no passado, gastando-se menos recursos e, o que é mais importante, com menos baixas.

A finalidade do processo de seleção de alvos é integrar e sincronizar esforços, principalmente em operações conjuntas ou combinadas. Seu ciclo, conforme pode ser observado na Fig. 1, compreende a seleção e priorização dos alvos, bem como a identificação dos recursos mais adequados para atingi-los, levando em conta as capacidades existentes e operacionalidades requeridas.

Na fase de Desenvolvimento e Priorização de Alvos realiza-se um exame sistemático do potencial dos sistemas de alvos para determinar o tipo e duração de determinada ação para criar o efeito requerido consistente com o estado final. Assim, os alvos são identificados, validados, nominados e priorizados.

Concentrando-se nas duas primeiras fases do ciclo, têm-se um clássico problema de escolha, ou “problemática alfa” ( $P\alpha$ ), na qual o apoio é orientado a prover uma seleção das melhores ações de modo que uma alternativa singular possa ser escolhida. Pode-se enquadrar também como um problemática de ordenação, ou “problemática gama” ( $P\gamma$ ), onde as ações potenciais são ordenadas de modo decrescente de preferência. Isto pode ocorrer porque a alternativa que está em primeiro lugar na lista pode ter alguma restrição que leve o decisor a considerar que a segunda ou a terceira possam ser mais viáveis e, neste caso, é importante saber como elas estão ordenadas.

Gomes *et al* (2004) observa que estas problemáticas não são independentes entre si, pois parece lógico pensar que a

ordenação das alternativas ( $P\gamma$ ) pode servir de base para resolver problemas de seleção da melhor alternativa ( $P\alpha$ ). Segundo Gomes *et al* (2002), a tomada de decisão consiste numa escolha entre diversas alternativas. Até num caso extremo, onde existe apenas uma ação disponível têm-se as alternativas de tomar ou não esta ação. O que torna o processo de tomada de decisão mais difícil é o fato de, na maioria dos casos, haver incerteza dos eventos que podem ocorrer como resultado das possíveis decisões.

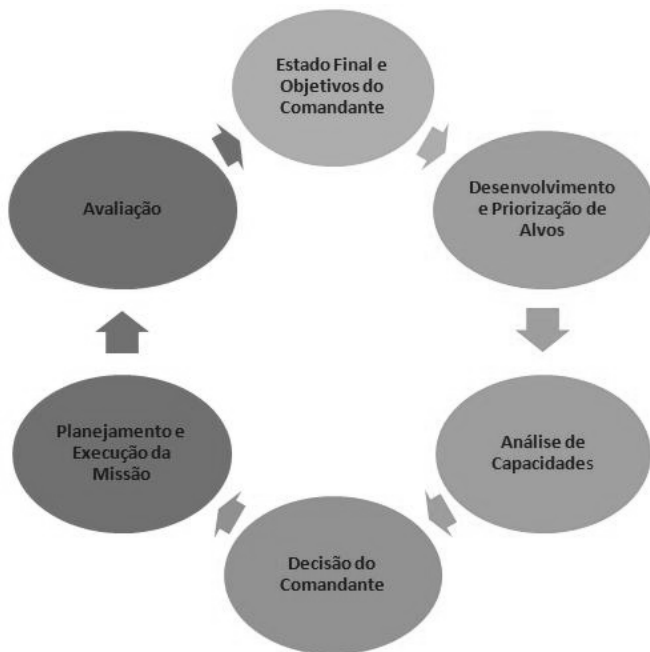


Fig. 1. Ciclo de Seleção de Alvos, adaptado de *Joint Publication 3-60* (2003)

Os participantes no processo de decisão são: o tomador de decisão (decisor); o agente de decisão; e o analista da decisão. O tomador de decisão, também chamado de proprietário da decisão, é o responsável pela decisão a ser tomada. O agente da decisão é um indivíduo (ou grupo de indivíduos) que direta ou indiretamente realiza cálculos, gera estimativas, ordena preferências e juízos de valor que se empregam ao longo da análise de decisão. O analista da decisão é um profissional conhecedor dos fundamentos e dos métodos de Teoria de Decisão, que administra a estruturação do problema, analisa todo o processo e realiza as devidas recomendações ao tomador de decisão.

A abordagem convencional no processo decisório tem seu foco voltado para a geração e avaliação das alternativas. Porém, estas só são relevantes na medida em que, quando escolhidas, trazem como resultado o objetivo esperado pelo decisor. Keeney (1992) nomeia esta primeira abordagem como *alternative-focused thinking* e propõe a adoção do *value-focused thinking*. Ele considera que envidar os esforços iniciais na criação de alternativas é uma postura reativa à situação problema. Por isso, defende que os “valores” (relacionados ao que você deseja) devem ser analisados e estar bem definidos antes da enumeração das alternativas (como obter).

O *Value-Focused Thinking* possibilita uma melhor compreensão da situação, na medida em que estrutura os valores, definindo os objetivos norteadores dos esforços para a tomada de decisão e seus relacionamentos. Com isto, fica mais fácil identificar as alternativas possíveis e, com criatividade, encontrar soluções melhores. Os objetivos são

classificados em fundamentais e meios. Os fundamentais dizem respeito aos fins desejados pelo decisor, enquanto os meios representam formas de alcançá-los.

Para separar os objetivos e estabelecer corretamente seus relacionamentos, Keeney (1993) propõe o uso da técnica “Por que isto é importante?” (*WITI – Why is that important?*). Para cada objetivo inicialmente identificado, deve-se confrontá-lo com o questionamento. Dois tipos de resposta são possíveis: que ele implica num outro objetivo, caracterizando-o como meio, ou que ele é uma das razões essenciais do processo decisório, definindo-o como fundamental.

A fase de estruturação é de grande importância no processo de apoio à decisão pela geração de conhecimento a que ela induz. Tem por objetivo construir um modelo formal e esquemático de representação do problema do decisor. À medida que o problema vai sendo estruturado, as pessoas vão tendo uma visão mais clara e ampla do contexto, com isto a comunicação é facilitada e várias alternativas, impensáveis num primeiro momento, surgem.

Segundo Pearl (1988), processos de decisão sob incerteza geralmente podem ser bem representados por Diagramas de Influência. Estes diagramas buscam expressar as relações de influência e respectivas probabilidades de ocorrência; as alternativas viáveis num dado contexto; e o quão desejáveis as conseqüências possíveis são. Sua representação contém nós de acaso, representando eventos aleatórios ou medidas de incerteza; nós de decisão, expressando as escolhas disponíveis ao decisor; e nós de valor, relacionados ao objetivo a ser maximizado.

Os Diagramas de Influência são grafos acíclicos orientados. Se houver uma seta do nó  $X$  até o nó  $Y$ ,  $X$  será pai de  $Y$ . Indica-se assim a relação de causalidade, em que  $Y$  é um efeito de  $X$ , ou seja,  $X$  causa  $Y$ . Cada nó  $X_i$  tem uma distribuição de probabilidade condicional  $P(X_i | Pais(X_i))$  que quantifica o efeito dos pais sobre o nó e indica a probabilidade do efeito  $X_i$ , para diferentes valores dos estados causais.

Para Russell (2004), em sua forma mais geral, um diagrama de influência representa informações sobre o estado atual do agente, suas ações possíveis, o estado que resultará da ação e a utilidade deste estado.

A Teoria da Utilidade representa e raciocina com a preferência, entre os vários estados finais possíveis. Esta preferência é captada por uma função de utilidade, que atribui um único número para expressar a desejabilidade de um estado. As utilidades são ponderadas com probabilidades de resultados de ações para fornecerem uma utilidade esperada referente a cada ação.

Uma ação não-determinística  $A$  terá resultados possíveis  $Resultado_i(A)$ , onde o índice  $i$  varia sobre os diferentes resultados. Antes da execução de  $A$ , atribui-se a probabilidade  $P(Resultado_i(A) | Fazer(A), E)$  a cada resultado, onde  $E$  resume a evidência disponível do agente sobre o mundo e  $Fazer(A)$  é uma proposição de que a ação  $A$  é executada no estado atual.

Assim, é possível calcular a utilidade esperada da ação dada a evidência,  $EU(A|E)$ , utilizando-se (1):

$$EU(A|E) = \sum P(Resultado_i(A) | Fazer(A), E) U(Resultado_i(A)) \quad (1)$$

Na avaliação do diagrama de influência as ações são selecionadas para cada configuração possível de nó de

decisão. Após ter sido estabelecido, ele tem o comportamento equivalente ao de um nó de acaso. O algoritmo para avaliar diagramas de influência é dado a seguir:

1. Definir as variáveis de evidência para o estado atual.
2. Para cada valor possível do nó de decisão:
  - (a) Definir o nó de decisão com esse valor.
  - (b) Calcular as probabilidades posteriores para os nós pais do nó de utilidade, usando um algoritmo de inferência probabilística padrão.
  - (c) Calcular a utilidade resultante para a ação.
3. Retornar a ação com a utilidade mais alta.

Os diagramas de influência surgem como uma boa ferramenta no auxílio do processo decisório, podendo facilitar a estruturação e representação dos problemas, na medida em que permitem explicitar, de forma sistemática, as relações de influência entre os objetivos meios e os fundamentais, assim como, calcular para cada ação a respectiva utilidade esperada e estabelecer uma ordenação de preferência entre as mesmas.

### III. MODELO PROPOSTO

O modelo proposto utiliza como bases: a) a aplicação do *value-focused thinking* para definir os objetivos e estabelecer corretamente os seus relacionamentos, clarificando o Estado Final ou Objetivo do Comandante, primeira fase do Ciclo de Seleção de Alvos; b) Representação do conhecimento gerado num Diagrama de Influências, com as respectivas probabilidades condicionais e funções de utilidade; c) Cálculo da Utilidade Esperada para cada ação, que representa um alvo ou conjunto de alvos, e escolha da melhor alternativa ou ordenação das mesmas.

Será apresentado um estudo de caso fictício e simplificado para a melhor elucidação do modelo. Apesar da descrição do exemplo ser dada em passos seqüenciais, vale ressaltar que o processo decisório é interativo e construído entre “avanços e recuos”. Durante o processo de estruturação, o problema vai ganhando clareza, as alternativas vão aparecendo, surgem novos dados importantes e a reconstrução acaba sendo feita. Ou seja, na medida em que os participantes vão entendendo todos os aspectos envolvidos e visualizando o contexto geral vão sendo capazes de buscar alternativas diferentes, impensáveis num primeiro momento.

O exemplo de caso abordado refere-se ao planejamento de uma fase da campanha militar onde o foco está voltado para as aeronaves de ataque do inimigo.

#### Passo 1 – Aplicação do *value-focused thinking* utilizando técnica WITI):

O pensamento intuitivo inicial é a destruição das aeronaves de ataque do inimigo.

Por que isto é importante?

Para retirá-las de combate, ou seja, neutralizá-las.

Por que isto é importante?

Para evitar ataques aéreos às tropas amigas.

Por que isto é importante?

Esta é a razão essencial do planejamento para esta fase.

Assim, completa-se a primeira fase do ciclo de seleção de alvos com a definição clara do Objetivo fundamental do Comandante para esta fase da campanha

militar. Além disso, alguns objetivos meios também foram identificados.

#### Passo 2 – Representação do problema pelo uso do Diagrama de Influências

Este passo ainda faz parte da estruturação do problema. Nas EBO, o comportamento final do sistema é influenciado diretamente por efeitos anteriores, que são influenciados por outros efeitos anteriores, sucessivamente, chegando-se até as ações. Estas representam os alvos em si, tendo em vista que englobam o que fazer, aonde, com que recurso e com qual probabilidade de sucesso. Assim, partindo-se de “frente para trás” e tendo como base o *value-focused thinking* estrutura-se o problema.

Como, no contexto do estudo de caso, a única forma encontrada de evitar ataques aéreos às tropas amigas era neutralizando as aeronaves de ataque inimigas, esta passou a ser o objetivo fundamental. Como uma aeronave de ataque para representar uma ameaça necessita de combustível, armamento e pista surgiram novas alternativas para sua neutralização. Observa-se que novas alternativas, impensáveis num primeiro momento, surgiram quando ficou claro que o enfoque não era a destruição das aeronaves de ataque inimigas e sim a sua retirada de combate para que elas não representassem mais uma ameaça para as nossas tropas. A Fig. 2 apresenta o Diagrama de Influências do estudo de caso, que fica completo com a atribuição dos valores das probabilidades condicionais e utilidades:

$$P(\text{Destruir Aeronaves} \mid \text{Atacar Aeronaves}) = 0,7$$

$$P(\text{Destruir Depósito de Combustível} \mid \text{Atacar Depósito de Combustível}) = 0,75$$

$$P(\text{Destruir Depósito de Armamento} \mid \text{Atacar Depósito de Armamento}) = 0,8$$

$$P(\text{Interditar Pista} \mid \text{Atacar Pista}) = 0,85$$

$$P(\text{Neutralizar Aeronaves} \mid \text{Aeronaves Destruídas}) = 0,7$$

$$P(\text{Neutralizar Aeronaves} \mid \text{Depósito de Combustível Destruído}) = 0,75$$

$$P(\text{Neutralizar Aeronaves} \mid \text{Depósito de Armamento Destruído}) = 0,8$$

$$P(\text{Neutralizar Aeronaves} \mid \text{Pista Interditada}) = 0,85$$

$$U(\text{Neutralizar Aeronaves} \mid \text{Aeronaves Destruídas}) = 100$$

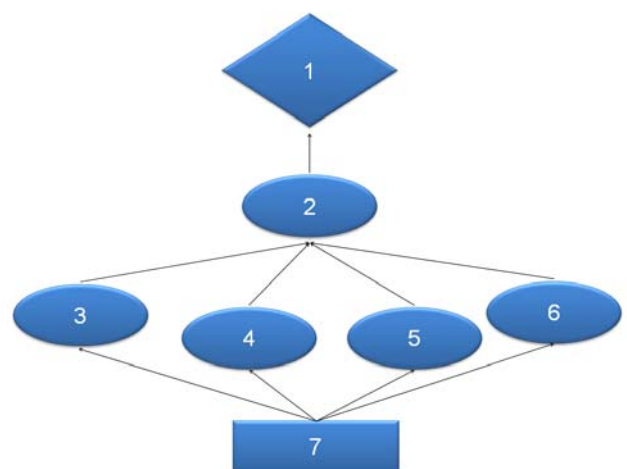


Fig. 2. Diagrama de Influência aplicado ao exemplo

#### Legenda

1 – Evitar ataques aéreos às tropas amigas;

2 – Neutralização das aeronaves de ataque inimigas;

- 3 – Destruição das aeronaves de ataque inimigas;
- 4 – Destruição do depósito de combustível;
- 5 – Destruição do depósito de munição;
- 6 – Interdição da pista; e
- 7 – Selecionar alvos.

### Passo 3 – Cálculo da Utilidade Esperada de cada ação

Para o estudo de caso será considerado que existe recurso disponível para apenas uma ação por vez. Assim as possíveis alternativas são: Atacar Aeronaves, Atacar Depósito de Combustível, Atacar Depósito de Munição ou Atacar Pista. Num outro contexto, podem ser consideradas opções combinadas de ações como alternativas, de forma a aumentar a probabilidade de sucesso.

Aplicando a equação (1), têm-se:

$$EU (\text{Atacar aeronaves}) = 49$$

$$EU (\text{Atacar depósito de combustível}) = 56,25$$

$$EU (\text{Atacar depósito de munição}) = 64$$

$$EU (\text{Atacar pista}) = 72,25$$

Ordenando, por ordem de preferência, têm-se:

Atacar Pista. > Atacar depósito de munição > Atacar depósito de combustível > Atacar aeronaves.

## IV. INFLUÊNCIA DAS ALTERNATIVAS

Para verificar a influência da criação de melhores alternativas, foi criado um ambiente de conflito entre duas forças – força azul e força vermelha, onde os dois lados possuem os mesmos recursos (quantidade de bases e aeronaves), mesma tecnologia (aeronaves e armamentos com performance idêntica), mesmo treinamento militar (mesmo desempenho no aproveitamento de missões pelos pilotos) e mesmo tempo de ciclo decisório (tempo de resposta para execução das ações). A única diferença existente entre as forças amigas e inimigas está no processo de seleção de alvos. Enquanto a força azul utiliza o *Value-Focused Thinking* e os diagramas de influência como apoio à decisão, dentro de uma filosofia de EBO, a força vermelha segue o conceito tradicional do atrito (entrechoque entre forças) e decide pela alternativa mais intuitiva (atacar as aeronaves). Para observar a influência da criatividade como forma de buscar melhores alternativas, foram simulados quatro cenários distintos para a força azul: a) apesar da utilização da técnica proposta somente foi gerada a alternativa de atacar as aeronaves; b) cenário “a” somado à disponibilidade da alternativa de atacar os depósitos de armamento; c) cenário “b” somado à disponibilidade da alternativa de atacar os depósitos de combustível; e d) cenário “c” somado à disponibilidade da alternativa de atacar a pista. Os valores de probabilidade e utilidade empregados foram os mesmos apresentados anteriormente, porém expandidos para um contexto de 10 bases aéreas, cada qual sendo composta de depósito de combustível, pista, depósito de armamento e pátio com aeronaves. A Fig. 3 exibe os resultados das simulações (média de 10 replicações), onde constam as vitórias de cada lado e os empates, em 1 milhão de simulações para cada caso.

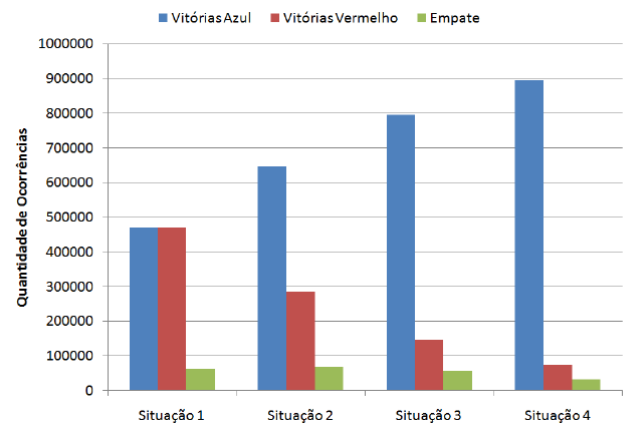


Fig. 3. Resultados das simulações

## V. ANÁLISE

Para efeito de análise consideraremos os quatro cenários.

Cenário 1: a força azul só possui a alternativa de atacar as aeronaves das bases, com  $P(\text{Neutralizar Aeronaves Base } x \mid \text{Aeronaves Base } x \text{ atacadas}) = 0,49$  (com  $x$  variando de 1 a 10), e conseqüentemente, obteve resultado semelhante ao da força vermelha.

Cenário 2: a força azul optou por atacar os depósitos de combustível, com  $P(\text{Neutralizar Aeronaves Base } x \mid \text{Depósito de Combustível Base } x \text{ atacado}) = 0,5625$  (com  $x$  variando de 1 a 10). Este acréscimo de 7,25% no sucesso de cada ataque resultou num aumento de aproximadamente 17,72% na taxa de vitórias, passando de 469.229,6 a 646.495,5.

Cenário 3: a alternativa escolhida foi o ataque aos depósitos de munição, com  $P(\text{Neutralizar Aeronaves Base } x \mid \text{Depósito de Munição Base } x \text{ atacado}) = 0,64$ . O aumento na probabilidade de sucesso de cada ataque foi de 7,75% e causou uma elevação de 14,97% na taxa de vitórias, que subiram de 469.229,6 para 796.121,8.

Cenário 4: a força azul optou pelo ataque às pistas conseguindo-se um aumento de 8,25% no sucesso de cada missão, o que elevou de 796.121,8 para 894.466 vitórias, numa ascensão de 9,83%.

Observa-se que um pequeno desequilíbrio nas probabilidades de sucesso, registrado no cenário 2, causou uma sensível diferença no número de vitórias. À medida que a taxa de vitórias alcançava elevados níveis o impacto era menor (cenários 3 e 4), porém ainda assim, considerável. Isto mostra que os diagramas de influência modelam adequadamente as relações de causa e efeito das EBO na seleção de alvos, porém sua eficiência depende da habilidade da construção do modelo (estruturação do problema) para a geração de melhores alternativas, que podem ser encontrados utilizando-se o *value-focused thinking*.

## VI. CONCLUSÃO

A utilização da técnica do *value-focused thinking* mostra-se totalmente adequada aos preceitos das EBO, facilitando o entendimento e estruturação da situação problema, bem como a identificação de alternativas mais criativas e que levam aos mesmos efeitos.

Os diagramas de influência surgem como uma boa ferramenta no auxílio do processo de seleção de alvos, na medida em que podem representar explicitamente, de forma sistemática, as relações ações-efeitos e efeitos-efeitos. Assim,

permite calcular para cada ação disponível, representando um alvo ou conjunto de alvos, a utilidade esperada e, na seqüência, a priorização dos mesmos.

Como trabalhos futuros estão a adaptação do diagrama de influências para uma ferramenta de Comando e Controle e o desenvolvimento de uma análise da relação custo-benefício, tendo em vista os recursos necessários e disponíveis para execução das ações (relacionado a fase de análise de capacidades do ciclo de seleção de alvos).

#### REFERÊNCIAS

- [1] Deptula, D. A., Operações Baseadas em Efeitos, *Air & Space Power Journal*, Em Português, 2º Trimestre 2006.
- [2] *United States of America, United States Air Force, Air Force Doctrine Document (AFDD) 1*, 2008.
- [3] *United States of America, United States Air Force, Joint Publication 3-60, Joint Targeting*, 2003.
- [4] Gomes, L. F. A. M., Araya, M. C. G. e Carignano, C., Tomada de Decisões em Cenários Complexos, São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.
- [5] Gomes, L. F. A. M., Gomes, C. F. S. e Almeida, A. T. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério, São Paulo: Atlas, 2002.
- [6] Keeney, R. L., *Creativity in Decision Making with Value-Focused Thinking*, *Sloan Management Review*, Summer 1994, 33-41.
- [7] Keeney, R. L., *Value-Focused Thinking: A path to creative decision making*, Londres: Harvard University Press, 1992.
- [8] Pearl, J., *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Pausible Inference*, São Francisco, Califórnia: Morgan Kaufmann Publishers, Inc, 1988.
- [9] Russell, S. e Norvig, P., Inteligência Artificial: tradução da segunda edição, Publicare Consultoria. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004, 4ª reimpressão.