



ENFOQUE MULTICRITÉRIO À TEORIA DAS PROSPECTIVAS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÃO

**MULTICRITERIA APPROACH TO PROSPECT THEORY:
FUNDAMENTALS AND APPLICATION**

ADERSON CAMPOS PASSOS

*Mestre em Administração. 1º Ten. Engenheiro de Manutenção,
Seção de Engenharia, Hospital Central do Exército.
Rua Francisco Manuel, 126 – Benfica – Rio de Janeiro – RJ –
CEP 20911-270
E-mail: adersoncp@hotmail.com*

LUIZ FLÁVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES

*Doctor of Philosophy. Professor Titular.
Faculdades Ibmecc/RJ.
Av. Rio Branco, 108 – 5º andar – Centro –
Rio de Janeiro – RJ – CEP 20040-001
E-mail: autran@ibmecrj.br*

Finalmente, vale mencionar que algumas mudanças foram decididas pelo Conselho Editorial em relação às normas para publicação. A partir de agora, por exemplo, o limite de páginas será de 26, com espaçamento entrelinhas de 1,5cm. O controle deste limite será rígido, em função da necessidade de aprimorar o planejamento operacional da revista e a sua conseqüente produção. Além disso, está sendo desenvolvida uma sistemática para recebimento eletrônico dos artigos submetidos a avaliação, que permitirá ainda o acompanhamento de sua tramitação por meio da editoria da revista e pelos próprios autores.

RESUMO

Este artigo compara dois métodos analíticos de apoio multicritério à tomada de decisão para escolha de material de emprego militar, dentro do âmbito do Centro de Avaliações do Exército, uma unidade do Exército Brasileiro. No processo decisório em questão foi utilizado inicialmente o método multicritério AHP. O outro método utilizado foi o TODIM, que traz em sua estrutura diferentes características, sendo a principal delas a sua estruturação com base no paradigma da Teoria das Prospectivas. Por esse motivo, o método TODIM permite levar em conta o risco na modelagem dos problemas decisórios multicritério. Assim, diferentemente do método AHP, o TODIM possui características relevantes no bojo de sua formulação, notadamente a possibilidade de trabalhar explicitamente com as atitudes dos agentes de decisão em face do risco. Por outro lado, o estudo de caso realizado indicou que, embora os dois métodos alternativos, TODIM e AHP, baseiem-se em diferentes paradigmas, os resultados obtidos da comparação dos resultados de ambos foram bastante semelhantes, o que sugere que os dois métodos podem ser aplicados em avaliações militares de mesma natureza.

PALAVRAS-CHAVE

Teoria das Prospectivas; Apoio multicritério à decisão; TODIM.

ABSTRACT

This paper compares the use of two multicriteria decision analytical methods used for military material selection. In the decision analysis the Analytic Hierarchy Process – AHP was initially used first in order to rank the alternatives in the presence of multiple criteria. This study was conducted in the Army Evaluation Center, a unit of the Brazilian Army. The other decision analysis method employed was TODIM, which is based on Prospect Theory, thus allowing to take risks into account in the modeling stage. Although the two multi-criteria methods rely on different decision

paradigms, this application study showed that results were quite similar to justify the use of either method in the practice of similar military decision-making processes.

KEYWORDS

Prospect Theory; Multicriteria decision aiding; TODIM.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo compara dois métodos analíticos de apoio multicritério à tomada de decisão para escolha de material de emprego militar, dentro do âmbito do CAEx – Centro de Avaliações do Exército, uma unidade do Exército Brasileiro. A decisão em pauta envolvia basicamente a aquisição de veículos para uso militar. No processo decisório em questão foi utilizado inicialmente o Método de Análise Hierárquica – AHP (SAATY, 1991; GOODWIN e WRIGHT, 1998). O outro método utilizado foi o TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) (GOMES et al., 2004; POMEROL e BARBA-ROMERO, 2000), que traz em sua estrutura diferentes características, sendo a principal sua fundamentação na Teoria das Prospectivas (TVERSKY e KAHNEMAN, 1981) e, por isso, permite levar em conta o risco na modelagem dos problemas decisórios (GOMES e LIMA, 1992). Embora os dois métodos se baseiem em diferentes paradigmas, o resultado do estudo aqui relatado mostrou que ambos podem ser aplicados em avaliações militares de mesma natureza.

O CAEx forneceu as informações para a análise de decisão, e essas tiveram origem na avaliação original do material de emprego militar, feita utilizando o AHP. Partindo-se dos dados obtidos para a aplicação do AHP, organizou-se e executou-se a análise pelo TODIM. Em seguida, os resultados foram comparados, com o objetivo de analisar características dos dois métodos.

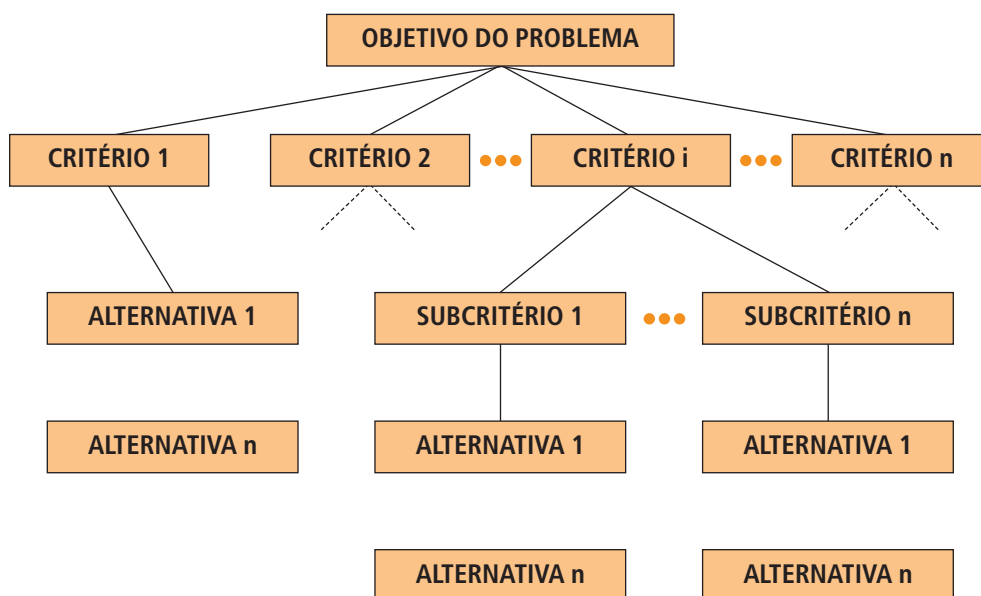
2 O MÉTODO AHP

O método AHP foi desenvolvido originalmente na década de 70 por Saaty (1991) e possui esse nome – *Analytic Hierarchy Process* – devido às suas características de estruturação, sendo os critérios agrupados segundo uma hierarquia. Assim como o TODIM, o AHP também possui características próprias para análise de critérios tanto qualitativos como quantitativos. Os princípios básicos de funcionamento do método AHP, por meio de um exemplo de aplicação, foram apresentados por Machado e colaboradores (2003).

A principal característica do AHP é, de fato, a estruturação dos seus critérios condicionantes sob a forma de uma hierarquia. Nela, o seu nível mais elevado é representado pelo objetivo maior do problema, que é a meta a ser atingida. A missão associada ao problema seria, portanto, a decisão a ser tomada, no caso, a compra de materiais militares. Quando se pretende tomar decisões complexas trabalhando com o AHP, seleciona-se o conjunto básico de critérios considerados relevantes para a análise de decisão. E, partindo desses critérios, outros subcritérios também são escolhidos, formando-se uma hierarquia, como a mostrada no Esquema 1. O importante é que a hierarquia assim constituída seja aceita pelos participantes do processo decisório, como uma boa representação do problema.

ESQUEMA 1

MODELO DE ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO AHP



Dentro de cada critério específico, atribui-se a um especialista a missão de opinar para cada alternativa, designando valores aos critérios. É necessário também que sejam dados pesos aos critérios. Assim, associa-se a eles a devida importância para a determinação do objetivo do problema.

Depois de estruturados os critérios e as alternativas, os especialistas opinam sobre as alternativas dentro de cada subcritério específico. Fazem-se comparações por pares entre as alternativas, buscando-se identificar qual é a melhor do que as demais é cada alternativa. Para isso, constroem-se matrizes quadradas, recíprocas positivas, cuja ordem será igual ao número de alternativas. Posteriormente, para

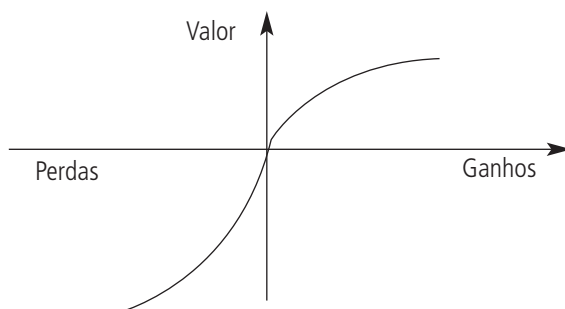
cada critério ou subcritério faz-se o mesmo, subindo-se assim progressivamente na hierarquia. Essas comparações por pares fornecem pesos para cada alternativa dentro de cada critério ou subcritério e para os critérios e subcritérios, quando comparados entre si. Dá-se a obtenção desses pesos por meio do cálculo do autovetor principal de cada matriz quadrada. Ao final do processo, esses pesos comporão uma função de agregação aditiva, na qual, para cada alternativa específica, atribui-se um valor final que possibilita a ordenação global de todas as alternativas.

3 A TEORIA DAS PROSPECTIVAS

A Teoria das Prospectivas pertence ao campo da Psicologia Cognitiva e tem como base paradigmática a modelagem do comportamento do ser humano em face do risco, no que tange à tomada de decisões. Os comportamentos de decisores, observados por seus criadores, mostram que, nas situações que envolvem ganhos, seres humanos tendem a ser mais conservadores em relação ao risco e, em situações que envolvem perdas, mostram-se mais propensos ao risco. Em outras palavras, quando se estabelece uma situação em que se pode ganhar, prefere-se um ganho menor, porém certo, a se arriscar por ganhos maiores e incertos. Em situações que envolvem perdas as pessoas preferem se arriscar a perder mais, porém com a possibilidade de nada perderem, a ter uma perda menor, porém certa. Tem-se verificado esse comportamento dos seres humanos por meio de vários experimentos, nos quais se prepararam questionários, aplicados a uma quantidade de pessoas considerada geralmente adequada para o experimento. O método TODIM, por sua vez, utiliza como sua fundamentação a Teoria das Prospectivas, incorporando a curva da função de valor determinada experimentalmente por Tversky e Kahneman (1981) ao seu modelo analítico. Tal curva tem o aspecto ilustrado no Gráfico 1.

GRÁFICO 1

CURVA DA FUNÇÃO DE VALOR DA TEORIA DAS PROSPECTIVAS



A rigor, o emprego da expressão *função de valor*, em vez de *função de utilidade*, decorreria da natureza da tomada de decisão sob certeza, situação em que os possíveis resultados não seriam descritos probabilisticamente. As funções de valor assim empregadas também seriam então designadas por *funções de utilidade ordinal*, para que fossem diferenciadas das *funções de utilidade cardinais*: com base nestas últimas seriam então construídos modelos de preferência que incorporariam atitudes dos decisores em face do risco. Por outro lado, observa-se que, do ponto de vista da prática da análise de decisões, a distinção entre as modelagens por utilidades ordinais e cardinais inexiste (CLEMEN e REILLY, 2001:620-621). Efetivamente, o enfoque da Teoria das Prospectivas vale tanto para situações descritas probabilisticamente ou não, o que permite utilizar indistintamente as expressões *funções de valor* e *funções de utilidade*. Com estas, aquela teoria permite estabelecer quantitativamente a satisfação das pessoas, inserindo a característica de aversão e propensão ao risco, natural da maioria dos seres humanos. Em Tversky e Kahneman (1987) pode-se também apreciar uma apresentação dos fundamentos da Teoria das Prospectivas, com menção à Teoria da Utilidade Esperada e aos contra-exemplos fornecidos por Allais e por Ellsberg.

4 O MÉTODO TODIM

O método multicritério TODIM é um método de análise de decisão que fornece como resultado as alternativas já ordenadas por ordem global de preferência. Antes de iniciar-se a aplicação do método TODIM, no entanto, faz-se mister que os critérios sejam bem selecionados e que atendam ao pré-requisito de separabilidade (CLEMEN e REILLY, 2001). A independência é necessária para que os critérios não sejam contabilizados mais de uma vez dentro do mesmo modelo. O método TODIM baseia-se também na Teoria da Utilidade Aditiva e nela, para que haja separabilidade de um critério em relação ao outro, é necessário que os critérios sejam mutuamente preferencialmente independentes (CLEMEN e REILLY, 2001). Apresentam-se a seguir os principais elementos do TODIM, os quais são reproduzidos de Gomes e Lima (1992). Para uma exposição técnica mais detalhada desse método, abrangendo inclusive a questão de como eventuais inconsistências nas matrizes de comparações por pares são resolvidas em aplicações deste, sugere-se consultar o capítulo 5 de Gomes e colaboradores (2004).

Após a seleção dos critérios e alternativas, montam-se duas matrizes. A primeira é a matriz de performances, que possui n (número de alternativas) linhas e m (número de critérios) colunas. Para cada critério auscultam-se pessoas capazes de opinar sobre a importância relativas das diversas alternativas, critérios e subcritérios do problema, sempre com base em sua representação por meio da

hierarquia. Inserem-se valores quantitativos facilmente nas colunas. Introduzem-se julgamentos subjetivos, por sua vez, por meio da leitura de uma tabela que relaciona leituras na escala numérica a julgamentos de valor claramente subjetivos. Posteriormente, faz-se a normalização por meio da divisão de cada coluna pelo seu maior valor. A segunda matriz é a de comparação entre pares de critérios. Nessa matriz comparam-se os critérios entre si da mesma forma como se faz com o método AHP. Essa matriz, logo em seguida, é normalizada da mesma forma que a anterior.

Eventualmente, verificam-se inconsistências na montagem dessa matriz de comparação por pares de critérios. Tais inconsistências ocorrem devido a erros lógicos nos julgamentos de valor. Dados três critérios A, B, C, por exemplo, para que não haja inconsistência, deve ocorrer que, se A é preferível a B e B é preferível a C, então A deve ser preferível a C. Outro problema que ocorre está relacionado com a intensidade com a qual um critério é preferível em relação a outro. A inconsistência, no entanto, é comum nos julgamentos humanos. Dependendo do grau de inconsistência, pode ocorrer a reavaliação dos pesos atribuídos entre os critérios. Caso os decisores estejam seguros dos valores então atribuídos, a matriz será então revista para eliminar-se sua inconsistência (GOMES, 1993).

Para que se ordenem alternativas de modo que se possa recomendar um curso de ação específico, o método TODIM fornece como resultado final o valor global das alternativas. Para que se façam os cálculos, é necessário que, antes, calculem-se as dominâncias de cada alternativa em relação a cada uma das outras. A incorporação do paradigma da Teoria das Prospectivas pelo método TODIM se faz pela introdução dessa função de valor nas medidas de dominância de uma alternativa sobre a outra. Em um contexto multicritério, como o do estudo de caso em pauta, as perdas e os ganhos são definidos como diferenças entre os valores w_{jc} estabelecidos na matriz de performances, para todas as alternativas, dentro de um critério c em particular. As equações constitutivas do método, portanto, são:

$$\delta(i, j) = \sum_{c=1}^m \Phi_c(i, j),$$

em que:

$$\delta_{c_c}^{(i,j)} = \begin{cases} \sqrt{\frac{a_{rc} (w_{ic} - w_{jc})}{\sum_c a_{rc}}} & \text{se } \theta w_{ic} - \theta w_{jc} \geq 0 \\ 0 & \text{se } \theta w_{ic} - \theta w_{jc} \equiv 0 \\ -\frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{(\sum_c a_{rc}) (w_{ic} - w_{jc})}{a_{rc}}} & \text{se } \theta w_{ic} - \theta w_{jc} \leq 0 \end{cases}$$

e

- $\delta(i,j)$ = medida de dominância da alternativa i sobre a alternativa j;
- m = número de critérios;
- c = critério genérico variando de 1 a m;
- a_{rc} = taxa de substituição do critério c pelo critério r (elemento da matriz de comparação por pares de critérios);
- w_{ic}, w_{jc} = pesos das alternativas i e j, respectivamente, em relação ao critério c;
- θ = fator de atenuação de perdas.

Na prática a função de valor incorporada ao TODIM se torna proporcional à raiz quadrada da diferença entre os valores w_{ic} . Após feitos os cálculos anteriores será montada a matriz quadrada de ordem n $\delta(i,j)$, em que n é o número de alternativas. Essa matriz é denominada matriz de dominâncias relativas das alternativas. Os valores totais das alternativas são determinados por meio do seguinte cálculo:

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta(i, j) - \text{Min} \sum_{j=1}^n \delta(i, j)}{\text{Max} \sum_{j=1}^n \delta(i, j) - \text{Min} \sum_{j=1}^n \delta(i, j)}$$

Cada valor x_i é uma soma de linhas normalizadas da matriz de dominâncias. Após calculados os valores, estes são ordenados e, assim, determinam-se as alternativas a serem escolhidas.

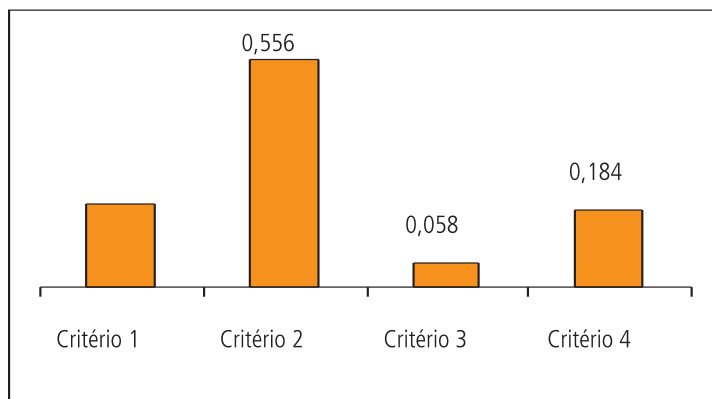
5 O ESTUDO DE CASO

O problema resolvido no âmbito do CAEx tinha 6 alternativas e 4 critérios. As alternativas, no caso, eram veículos de uso militar, e os critérios incluíam segurança, mobilidade, capacidade de transporte e logística. Por razões de sigilo, não serão mostrados detalhes dos subcritérios do problema, nem detalhes das opções estudadas. O que está sendo exposto aqui são os resultados da análise do problema pelo AHP, de forma que esses dados possam ser utilizados mais adiante para a modelagem pelo método TODIM. Ao final, ordena-se o conjunto de alternativas e escolhe-se a melhor entre elas.

A comparação por pares entre os critérios fornece o peso de cada critério para a resolução do problema. Dessa maneira, determina-se qual critério é mais representativo para a seleção das alternativas e estabelecem-se valores fundamentais para a ordenação dessas alternativas. A seguir, no Gráfico 2, determinam-se os pesos de cada critério.

GRÁFICO 2

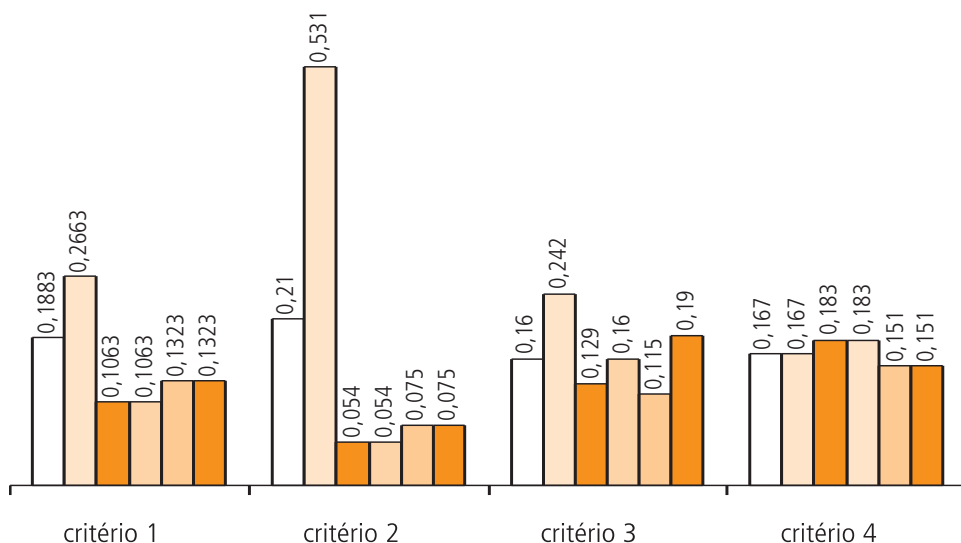
PESOS DOS CRITÉRIOS



Na formulação de um modelo para apoio à decisão com o método AHP, por sua vez, existe um momento no qual especialistas atribuem valores, aqui entendidos como graus de importância, às alternativas, tendo em vista um critério específico. No Gráfico 3 mostram-se quais valores se definiram para as seis alternativas, tendo em vista cada critério específico. Dentro dos critérios, cada uma das seis barras representa uma das alternativas, já ordenadas.

GRÁFICO 3

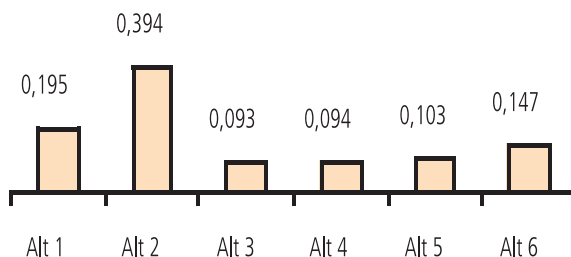
VALORES DAS ALTERNATIVAS DENTRO DOS CRITÉRIOS



O resultado final virá da soma dos valores das alternativas ponderada pelo peso dos critérios. Dessa maneira, os valores do resultado final da análise estão representados no Gráfico 4.

GRÁFICO 4

RESULTADO FINAL



Utilizando os dados fornecidos pelo CAEx, é possível resolver o problema por meio do método TODIM. Com esses dados, monta-se a matriz de performances e obtém-se o vetor de pesos dos critérios, suficiente para a resolução do problema, do ponto de vista matemático. No estudo realizado, aplicou-se o modelo utilizando-se o fator de atenuação α igual a 1 (GOMES e LIMA, 1992). A matriz de performances possui a composição constante da Tabela 1:

TABELA 1

DADOS DO MODELO DO CAEX

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
Alt 1	0,1883	0,21	0,160	0,167
Alt 2	0,2663	0,531	0,242	0,167
Alt 3	0,1063	0,054	0,129	0,183
Alt 4	0,1063	0,054	0,160	0,183
Alt 5	0,1323	0,075	0,115	0,151
Alt 6	0,1323	0,075	0,190	0,151

Obtiveram-se esses dados dos gráficos de barras anteriormente citados e os arranjam-se para compor a matriz. Entretanto, faz-se necessário aplicar a normalização de Belton e Gear (1982), em que se divide cada coluna pelo maior número da coluna. Mostra-se o resultado de tal normalização na Tabela 2:

TABELA 2

MATRIZ DE PERFORMANCES

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
Alt 1	0,707	0,395	0,661	0,913
Alt 2	1,000	1,000	1,000	0,913
Alt 3	0,399	0,102	0,533	1,000
Alt 4	0,399	0,102	0,661	1,000
Alt 5	0,497	0,141	0,475	0,825
Alt 6	0,497	0,141	0,785	0,825

O vetor de pesos dos critérios está na Tabela 3:

TABELA 3

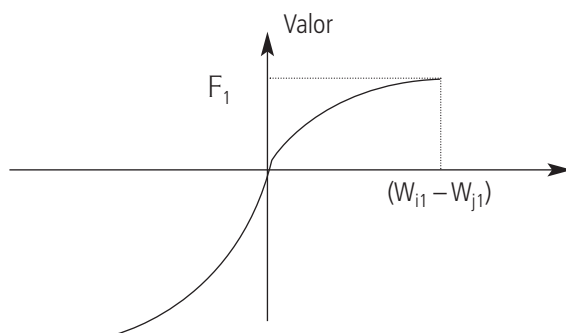
PESOS DOS CRITÉRIOS

	Pesos
Critério 1	0,202
Critério 2	0,556
Critério 3	0,058
Critério 4	0,184

Com base nesses dados, pode-se agora passar aos cálculos do método TODIM. Da matriz de performances calculam-se as diferenças entre os valores $w_{ic} - w_{jc}$, que são os julgamentos dos especialistas dentro de cada critério específico. Essa diferença representa a dominância da alternativa i sobre a alternativa j e entrará na equação para fornecer um valor que representará o julgamento modelado pela Teoria das Prospectivas. De acordo com as equações na seção 4 deste artigo, o valor final da função seguirá o aspecto da curva do Gráfico 5. Com tal diferença calculam-se as dominâncias parciais para cada critério específico.

GRÁFICO 5

FUNÇÃO DE VALOR DO MÉTODO TODIM



O critério de referência escolhido para o cálculo das dominâncias parciais foi o critério 2, que possui o maior peso relativo. Com esse critério pode-se calcular a taxa de substituição, a ser utilizada nas equações descritivas de cada segmento de $F_c(i,j)$, mostradas na seção 4. Essa taxa de substituição será o quociente entre o peso do critério de referência e o peso do critério a ser utilizado para o cálculo da matriz F_c específica. Matematicamente, tem-se que $a_{rc} = (\text{peso do critério}) / (\text{peso do critério de referência})$. A Tabela 4 apresenta as taxas de substituição dos critérios, sendo auxiliar para os cálculos pelo TODIM.

TABELA 4

TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO

	Taxas de Substituição
Critério 1	0,330935
Critério 2	0,363309
Critério 3	1
Critério 4	0,104317

As equações do método TODIM, mostradas na seção 4, representam matematicamente o gráfico empírico da Teoria das Prospectivas, dos Gráficos 1 e 5. Por meio dessas equações é possível montar as matrizes $F(i,j)$ para cada critério específico. Calcularam-se essas matrizes $F_c(i,j)$ em planilha do Excel, para os dados do presente estudo. Nessa planilha incluem-se os dados da matriz de performances e das taxas de substituição de cada critério pelo critério de referência. Cada célula processa essas informações seguindo as equações do TODIM.

A função utilizada é relativamente bastante simples e faz uso de uma das equações anteriormente citadas, de acordo com o valor da diferença $w_{ic} - w_{jc}$. Partindo das 4 matrizes $F_c(i,j)$ calculadas, monta-se a matriz de dominâncias $d(i,j)$, de mesma ordem, cujos elementos são a soma de cada a_{ij} das 4 matrizes. Com essa matriz de dominâncias é possível calcular os valores totais das alternativas e, dessa forma, ordená-las de acordo com as preferências dos especialistas ou agentes de decisão auscultados. Chega-se ao resultado final pela normalização dos valores das somas de cada linha da matriz de dominâncias, fazendo-os variar entre zero e um. Ao final, ordenam-se as alternativas, conforme mostrado na Tabela 5:

TABELA 5

RESULTADO DO MODELO

Ordenações finais
Alternativa 2
Alternativa 1
Alternativa 6
Alternativa 4
Alternativa 5
Alternativa 3

Ao compararem-se as ordenações calculadas separadamente pelos métodos TODIM e AHP, chega-se a resultados muito parecidos entre si.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS E COMPARAÇÕES ENTRE OS DOIS MÉTODOS

Os resultados obtidos da comparação entre os métodos TODIM e AHP são bastante semelhantes. A Tabela 6 a seguir mostra os resultados obtidos da execução de cada um dos modelos.

TABELA 6

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS

ORDENAÇÃO	MÉTODO TODIM	MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA
1	Alternativa 2	Alternativa 2
2	Alternativa 1	Alternativa 1
3	Alternativa 6	Alternativa 6
4	Alternativa 4	Alternativa 5
5	Alternativa 3	Alternativa 4
6	Alternativa 5	Alternativa 3

Observando-se a Tabela 6, percebe-se que as três primeiras colocações são coincidentes. Nas três últimas, por outro lado, a ordenação se manteve, com exceção da alternativa 5, que, pelo método TODIM, é a última colocada e, pelo AHP, é a quarta colocada. Entretanto, não estavam disponíveis as matrizes de comparações por pares do AHP, o que teria possibilitado outros tipos de análise, talvez conduzindo a diferenças mais expressivas entre os resultados.

O método AHP é um método antigo e bastante difundido, desde os anos 80 do século passado. Porém, ele também é alvo de fortes críticas. O método TODIM, por sua vez, é mais recente e sua principal característica é incorporar a Teoria das Prospectivas em seu modelo. Em sua construção procurou-se evitar as deficiências dos outros métodos. Apesar disso, recebe algumas críticas. Nesta seção levantam-se também pontos positivos e negativos de ambos os métodos, procurando-se estabelecer uma visão mais crítica sobre eles.

No que concerne à aplicação do método AHP, um primeiro ponto a ser citado é a estruturação formal do problema: o problema a ser resolvido pode ser decomposto em forma de hierarquia. Assim é possível compreender bem a questão em pauta, pela relativa clareza das comparações por pares: desse modo decisor tem a chance de focar em vários pequenos pedaços do problema, trazendo simplificações dos julgamentos. Quando se calcula o índice de inconsistência de Saaty, é estabelecido um parâmetro em que as pessoas responsáveis pela avaliação podem repensar se realmente estão atribuindo valores corretos para a resolução do problema. Assim, é possível voltar e analisar os dados que estão sendo colocados no modelo, contribuindo para um resultado mais acertado e unânime. O AHP é, por esses e outros de seus atraentes aspectos, um dos métodos multicritério mais empregados em usos práticos.

Já com relação ao método TODIM, visivelmente a utilização da Teoria das Prospectivas como sua base paradigmática é seu elemento básico de inovação. O

que se procura fazer é transformar os julgamentos humanos em valores de utilidade compatíveis com a idéia de aversão ao risco no domínio dos ganhos e propensão ao risco no domínio das perdas, fato esse que ocorre para a maioria dos seres humanos. Dessa forma, um comportamento inconsciente é modelado de maneira quantitativa e colocado no método. No que concerne à minimização da possibilidade de ocorrência de reversão de ordem, no método é utilizada a normalização de Belton e Gear (1982), que evita a ocorrência da reversão de ordem. Enquanto no método AHP o cálculo do autovetor principal da matriz de comparações por pares pode ocasionar graves inversões nos julgamentos dos decisores, o método TODIM calcula o seu vetor de pesos de maneira distinta, evitando assim essa anomalia. Apesar de ser pouco usual a presença de alternativas interdependentes, o método TODIM possui ainda recurso para a modelagem desse tipo de problema. Também possui, assim como o AHP, recurso para estruturação hierárquica do problema; dessa maneira, evita-se que se façam difíceis comparações entre os critérios, facilitando a análise do problema em partes afins. A matemática presente no método TODIM é de fácil entendimento, simplificando a sua utilização por pessoas pouco familiarizadas com os métodos analíticos de maior complexidade matemática. Finalmente, na medida em que problemas complexos de decisão, muitas vezes, requerem a presença de especialistas em aspectos específicos do problema em questão, o método TODIM possibilita que julgamentos desses especialistas sejam agregados, dando caráter mais amplo à resolução do problema e trazendo maior credibilidade a esses resultados.

Existem, no entanto, sérias críticas feitas ao AHP. Bana e Costa e Vansnick (2001) mostram alguns exemplos em que são gravemente distorcidos os julgamentos expostos pelos decisores após o cálculo dos autovetores principais da matriz de comparação por pares do método AHP. Quando se determina essa matriz, estão explícitas as relações de dominâncias entre critérios ou alternativas, dependendo do que esteja sendo comparado. O que se verifica é que após a determinação dos pesos dos critérios são distorcidas, e algumas vezes invertidas, as relações de dominância. Isso é um erro bastante grave. O método TODIM contorna esse problema determinando o vetor de uma forma alternativa em que não é calculado o autovetor. O problema de reversão de ordem no AHP foi apontado por Belton e Gear (1982) e solucionado mudando o tipo de normalização do vetor de pesos calculados pelas matrizes. A normalização sugerida classicamente pelo método AHP é a que divide todos os elementos pela soma de todos. Para resolver o problema causado por esse tipo de normalização, é sugerido um tipo de normalização que divide os elementos pelo maior elemento do conjunto. Foi mostrado que dessa forma não haverá a reversão de ordem. O primeiro artigo de Belton e Gear (1982.) foi contestado por Saaty e Vargas (1984), que não aceitaram as críticas. Posteriormente, Belton e Gear

(1985) deram a resposta à tal contestação. No método TODIM esse tipo de normalização já está incluída no modelo. A possibilidade de existir um relativamente grande número de objetos de comparações faz com que a aplicação do método se torne cansativa, podendo levar a erros por fadiga. A escala de 1 a 9 pode gerar inconsistências. Supondo um critério A três vezes mais importante que B e este quatro vezes mais importante que C, isso implicaria A doze vezes mais importante que C, o que não é possível devido à escala imposta pelo método. Quanto à conversão da escala verbal para a escala numérica, discute-se se a correspondência entre as escalas numérica e verbal expressa os julgamentos reais dos decisores.

Na verdade, elaborou-se o método TODIM utilizando-se as observações do meio acadêmico quanto a imperfeições de outros métodos existentes e, em particular, do próprio método AHP. Isso reduz a quantidade de problemas encontrados, bastando algumas observações quanto a pontos específicos. Sobre as imposições de inconsistências pela escala de 1 a 9, assim como no AHP, o método TODIM utiliza a mesma escala para a comparação entre critérios, trazendo a possibilidade de ocorrência dos mesmos problemas, embora se possa zerar plenamente a inconsistência das matrizes (GOMES, 1993). Quanto à possibilidade de grande número de comparações, caso sejam utilizados muitos critérios para a modelagem do problema, serão necessárias efetivamente muitas comparações. Finalmente, no que tange à conversão da escala verbal para a escala numérica, a escala utilizada para o TODIM é semelhante à utilizada para o AHP e alguns autores discutem a correção da correspondência entre elas.

7 CONCLUSÕES

As análises das alternativas efetuadas por cada um dos dois métodos conduziram essencialmente à mesma priorização para as três melhores posições. Isso indica que uma decisão racional deveria privilegiar as alternativas 2, 1 e 6, nesta precisa ordem. Como se trata de alternativas mutuamente exclusivas, considerou-se a alternativa 2 a melhor, com base nas aplicações dos dois métodos analíticos, AHP e TODIM.

Após a análise comparativa dos resultados e dos métodos podem-se constatar pontos importantes em ambos os métodos de análise de decisão. O AHP é alvo de graves críticas, que devem ser consideradas no momento da sua utilização. Dentro do software *Expert Choice*, o qual viabiliza o uso do AHP, existe um recurso, fundamentado nas críticas de Belton e Gear (1985), que evita a reversão de ordem. A grave crítica feita por Bana e Costa e Vansnick (2001) pode ser contornada com a utilização do método alternativo sugerido por Saaty – e que é utilizado

no método TODIM – em substituição ao cálculo do autovetor principal para a determinação dos pesos dos critérios.

Observe-se que o caso apresentado, embora esteja limitado, em sua descrição, por razões de sigilo militar, não perde sua importância como uma situação prática à qual se aplicaram métodos multicritério calcados em princípios totalmente distintos, no que concerne ao tratamento do risco na própria modelagem: enquanto o método AHP simplesmente não considera a atitude de cada agente de decisão – ou seja, cada experto que é consultado e que, como resultado de tal consulta, explicita suas preferências –, o método TODIM tem no seu cerne o paradigma da Teoria da Prospectiva, que oferece a possibilidade de modelar descriptivamente as atitudes dos decisores em face do risco.

Considerando-se que a finalidade essencial do CAEx era determinar a melhor alternativa entre as seis em consideração, para uma eventual aquisição, conclui-se que a obtenção de resultados muito similares pelos dois métodos, fundamentados em paradigmas decisórios distintos, traz maior segurança para a decisão a ser escolhida. Neste contexto de aplicação, o método TODIM possui características relevantes no bojo de sua formulação, notadamente com a possibilidade de trabalhar-se explicitamente com as atitudes dos agentes de decisão em face do risco. Devido a tais características, esse método torna-se uma alternativa fortemente recomendável para problemas de avaliação de material de emprego militar.

REFERÊNCIAS

- BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. A fundamental criticism to Saaty's use of the eigenvalue procedure to derive priorities. *Working Paper Series*. London School of Economics, 2001.
- BELTON, V.; GEAR, T. On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies. *Omega*, v. 11, n. 3, p. 227-230, 1982.
- _____. Feedback – The legitimacy of rank reversal – A comment. *Omega*, v. 13, n. 3, p. 143-144, 1985.
- CLEMEN, R. T.; REILLY. *Making hard decisions: an introduction to decision analysis*. 2. ed. rev. Pacific Grove: Duxbury Press, 2001.
- GOMES, L. F. A. M. Efficient reduction of inconsistencies in pairwise comparison matrices. *Systems Analysis Modelling Simulation*, v. 11, p. 333-335, 1993.
- _____. ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. *Tomada de decisões em cenários complexos*. São Paulo: Thomson, 2004.
- _____. LIMA, M. M. P. P. Modelling individual preferences to multicriteria ranking of discrete alternatives: a look at prospect theory and the additive difference model. *Foundations of Computing and Decision Science*, v. 17, n. 3, p.171-184, 1992.
- GOODWIN, P.; WRIGHT, G. *Decision analysis for management judgment*. Chichester: John Wiley & Sons, 1998.

MACHADO, E. P.; GOMES, L. F. A. M.; CHAUVEL, M. A. Avaliação de estratégias em marketing de serviços: um enfoque multi-critério. *Revista de Administração Mackenzie*, ano 4, n. 2, p. 61-85, 2003.

POMEROL, J.-C.; BARBA-ROMERO, S. *Multicriterion decision in management: principles and practice*. Dordrecht: Kluwer, 2000.

SAATY, T. L. *Método de análise hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

_____. VARGAS, L. G. The legitimacy of rank reversal. *Omega*, v. 12, n. 5, p. 513-516, 1984.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, v. 211, n. 30, p. 453-458, jan. 1981.

_____. Can normative and descriptive analysis be reconciled? *Working paper series "risk and rationality" RP-4 March 1987*, Institute for Philosophy and Public Policy, University of Maryland, College Park, Maryland, 1987.

TRAMITAÇÃO

Recebido em 19/05/2004

Aprovado em 08/10/2004

Finalmente, vale mencionar que algumas mudanças foram decididas pelo Conselho Editorial em relação às normas para publicação. A partir de agora, por exemplo, o limite de páginas será de 26, com espaçamento entrelinhas de 1,5cm. O controle deste limite será rígido, em função da necessidade de aprimorar o planejamento operacional da revista e a sua conseqüente produção. Além disso, está sendo desenvolvida uma sistemática para recebimento eletrônico dos artigos submetidos a avaliação, que permitirá ainda o acompanhamento de sua tramitação por meio da editoria da revista e pelos próprios autores.