

USO INTEGRADO DE DOIS MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO: *VIP ANALYSIS* E *MACBETH*

Maria Cecília de Carvalho Chaves

PUC-Rio

mariaceci@hotmail.com

Thiago Graça Ramos

UFF

tgramos@globo.com

Tatiana Dodworth de Barros

UFF

tatianabarros83@yahoo.com.br

João Carlos C. B. Soares de Mello

UFF

jcsmello@pesquisador.cnpq.br

Resumo

Em um processo de apoio à decisão, o agente de decisão muitas vezes não deseja ou não se sente seguro para arbitrar em caráter definitivo valores para os parâmetros do modelo. É importante que se proporcione meios para que o facilitador não force o agente de decisão a produzir diretamente esses valores. O foco deste trabalho está em apresentar o potencial do uso conjugado das metodologias *MACBETH* e *VIP Analysis*. A integração dos métodos foi conduzida de modo a usar o potencial de interação e aprendizado sucessivo do *VIP*, com apoio do *MACBETH*, para ajudar o decisor a quantificar as suas preferências. O uso integrado proposto visa obter o máximo proveito das metodologias em pró do decisor, facilitando a condução do processo nas condições de decisão assumidas.

Palavras-Chave: Análise Multicritério, *VIP Analysis*, *MACBETH*

Abstract

In a multiple criteria support decision process, many times the decision maker may not be comfortable or may not be willing to establish final values to the model parameters. It is important to provide conditions that enable facilitators to avoid forcing decision makers to produce direct values of the parameters. The focus of this article is to introduce the advantages of jointly using *MACBETH* and *VIP Analysis* methodologies. The integration of the methods was implemented in a way to use the possibilities of *VIP*'s interaction and successive learning, with *MACBETH* support, to help the decision maker in quantifying his or her preferences. The proposed integrated use aims at obtaining the maximum profit out of the methodologies in favor of the decision maker, simplifying the process development under the assumed decision conditions.

Keywords: Multicriteria analysis, *VIP Analysis*, *MACBETH*

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

Ao contrário dos problemas de otimização clássica, onde se busca o ótimo, os problemas de Apoio à Decisão Multicritério (ADM) não buscam fornecer uma solução pronta. Eles fogem assim do “paradigma do ótimo” (Clímaco, 2003). Em vez de ótimos lida-se com ótimos de Pareto. Ao invés de buscar uma solução, pretende-se o aprendizado sucessivo tanto do decisor quanto do analista.

Diferentes métodos de ADM podem ser recomendados de acordo com as condições encontradas no ambiente da tomada de decisão (análise do contexto, atores e estrutura de preferências associadas ao problema). Compete ao analista, após a etapa de estruturação do problema, a escolha de uma dessas metodologias.

Os métodos de ADM podem ser classificados segundo diferentes perspectivas. Muitos autores classificam-os segundo a teoria principal em que se fundamentam. Nessa linha, destacam-se duas grandes escolas de pensamento: a Escola Americana; que se baseia em técnicas de agregação multicritério com critério único de síntese; e a Escola Francesa; que defende a agregação sem critério único de síntese, e é baseada no conceito de relação de superação (ou sobreclassificação). Existem ainda os métodos interativos, alternativos e híbridos. Os métodos híbridos são tradicionalmente associados aos métodos que utilizam tanto os conceitos da Escola Americana quanto os da Escola Francesa. Para uma visão mais detalhada sobre o assunto pode-se consultar (Gomes et al, 2006).

Genericamente, os métodos da Escola Americana apresentam os seguintes pontos em comum: todas as alternativas são comparáveis; presunção de transitividade na relação de preferência e de indiferença e a construção de uma função síntese, que tem por objetivo agrupar os múltiplos critérios em um único critério. Por outro lado, os métodos da chamada Escola Francesa caracterizam-se por serem baseados em relações de prevalência. Essa escola é mais flexível, pois não admite como premissa a comparabilidade total das alternativas e não exige uma estruturação hierárquica dos critérios. Devemos aqui destacar que a estrutura de preferência do decisor é uma peça-chave na escolha da metodologia a ser empregada.

Segundo Olson (2001), os estudos comparativos entre as diversas modalidades de ADM demonstram que não existe nenhuma metodologia que se destaca das outras em todos os contextos de decisão envolvendo múltiplos critérios. Um analista de decisão deve possuir conhecimentos suficientes para determinar qual a melhor metodologia a ser aplicada em função das características da decisão que deve ser tomada.

Existem diversas técnicas para determinar os pesos dos critérios na construção de escalas decompostas com informações imprecisas ou qualitativas. Aqui, é apresentado como o método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a categorical based Evaluation Technique*, método desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick (1995)) realiza essa construção e como o VIP Analysis (*Variable Interdependent Parameterer*, método proposto por Dias, L. C. e J. N. Clímaco em 2000) a conduz. Vale destacar que, diferentemente de outros métodos, o VIP Analysis não se propõe a determinar (ou sugerir) valores para os pesos. A metodologia está baseada no conceito de aprendizado progressivo que interativamente converge para uma solução, à medida que o decisor avança no conhecimento e compreensão do problema. Uma fundamentação completa do método encontra-se em Dias e Clímaco (2002) e Dias e Clímaco (2005), que estendem o estudo para decisões em grupo.

Nosso objetivo é propor o uso conjugado dos métodos VIP Analysis e MACBETH e, por meio de um exemplo ilustrativo, fornecer uma idéia do potencial da combinação das metodologias. A integração dos métodos pode ser, em princípio, conduzida de duas maneiras. A primeira, que não será adotada neste trabalho, é usar o VIP como uma mera ferramenta de análise de sensibilidade dos resultados obtidos pelo MACBETH. A segunda é usar o potencial de interação e aprendizado sucessivo do VIP, com apoio do MACBETH para ajudar o decisor a quantificar as suas preferências. Este artigo pretende caminhar na direção desta segunda opção embora, devido às características do exemplo estudado, tenha sido possível apenas apresentar parcialmente todo o potencial desta interatividade. A integração de métodos de apoio à decisão vem merecendo cada vez mais atenção na literatura. Em relação ao método MACBETH já foi

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

usado de modo integrado com outros métodos para incorporar preferências de decisores em DEA (Soares de Mello et al, 2002b), para complementar as informações do decisor no método UTA (Rangel et al, 2003) e, mais recentemente, foi usado junto com uma abordagem otimista para a construção de um índice multicritério que avalia o bem estar social de um grupo de agricultores (Gomes et al. 2008). Em relação ao uso conjunto de outros métodos de apoio à decisão tem-se, por exemplo, o trabalho de Ramanathan (2006) em que DEA é usado como alternativa ao método do maior autovalor para determinar o vetor de pesos no AHP

A primeira parte deste trabalho apresenta uma breve descrição de cada dos métodos, onde é destacada a essência de cada um deles, suas características e propósitos particulares. O uso conjugado das metodologias é brevemente ilustrado por um modelo, que foi baseado no exemplo formulado por Bana e Costa et al (2004). Finalmente, um sumário com as principais conclusões e observações encontradas é reportado. O uso integrado proposto visa obter o máximo proveito das metodologias em pró do decisor, facilitando a condução do processo nas condições de decisão assumidas.

2. O Método MACBETH

Em muitas situações de avaliação de alternativas envolvendo múltiplos critérios, os decisores têm dificuldade para atribuir diretamente um valor numérico aos níveis de impacto das alternativas e aos critérios de avaliação. Sentem-se mais confortáveis ao fazer comparações por meio de julgamentos semânticos, expressando intensidade de diferenças de preferência (importância ou atratividade) entre os elementos de avaliação.

A construção de escalas de valor de intervalo é uma etapa crucial do processo de ADM. Elas são representações das preferências do decisor, usadas não apenas para refletir a ordem da atratividade da escolha, como também suas diferenças de atratividade relativa.

O método MACBETH é um método de julgamento semântico. Nele, as funções de valor são obtidas mediante julgamentos semânticos realizados através da comparação da diferença de atratividade entre duas linhas de ação quaisquer, sempre aos pares. Este fato simplifica bastante o julgamento do decisor, uma vez que todo o conjunto de ações não precisa ser avaliado simultaneamente. Com isso, o procedimento tenta contornar as limitações encontradas em outros métodos.

O método MACBETH tem como premissa o decisor ser coerente. Porém, é reconhecida a dificuldade encontrada por um decisor de manter-se coerente à medida que o número de alternativas e critérios aumenta. Para contornar tal fato, o programa faz a análise da coerência cardinal e semântica e ainda sugere, caso necessário, como contorná-la. Isso é feito por meio da resolução de quatro Problemas de Programação Linear (PPL). Maiores detalhes podem ser encontrados em Soares de Mello et al (2002a). Uma visão clara, completa e atualizada do método pode ser obtida em Bana e Costa C.A., De Corte J.-M.e Vansnick, J-C (2003).

Assim, o método MACBETH nada mais é que um processo iterativo, onde após a elaboração dos julgamentos sobre as diferenças de atratividade é construída uma escala cardinal de valor sobre o conjunto de alternativas. Em seguida, são verificadas eventuais inconsistências e, posteriormente, determinada uma escala de valor cardinal que representa os julgamentos de valor do decisor. A escala obtida é normalizada, fornecendo os valores dos pesos para as alternativas em avaliação, o que possibilita o uso de um modelo de agregação, em geral, aditivo.

Os pesos propostos pelo MACBETH devem passar por um processo de validação junto ao decisor, que deste modo realiza uma análise de sensibilidade dos pesos sugeridos dentro dos intervalos permitidos. Segundo Bana e Costa e Vansnick (1997), apenas após essa análise e dos eventuais ajustes realizados é que ficará caracterizada a construção da escala cardinal de valores. No entanto, apesar de fornecer um intervalo para os pesos, o método MACBETH sugere um determinado peso dentro desse intervalo, baseado na otimização de uma função. Este peso, embora arbitrário, funciona como uma ancora para decisores reais que, muitas vezes, têm relutância em abandoná-lo, mesmo que ele não expresse corretamente as suas preferências.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Deve ainda ser referido que o método MACBETH não postula nenhum tipo de comportamento do decisor face ao risco para construir as funções de valor. Para uma abordagem em que se pressupõe a atitude do decisor face ao risco pode-se usar, por exemplo, o método TODIM (Gomes, 1994; Gomes et al, 1999; Costa et al, 2003; Rangel e Gomes, 2007).

Este trabalho faz uso das facilidades disponíveis no MACBETH tanto para a construção das funções de valor quanto para a geração dos intervalos dos pesos dos critérios. Inicialmente, constrói-se a escala de valor com o uso dos resultados dos julgamentos intracritério do decisor. Depois, no uso dos resultados das análises intercritérios, a partir da comparação entre alternativas extremas, são obtidos os intervalos de variação dos pesos. Os pesos sugeridos pelo MACBETH não são fornecidos ao decisor, apenas os seus intervalos de variação, que serão usados no VIP.

3. O método VIP Analysis

O método *VIP Analysis (Variable Interdependent Parameter)*, foi proposto por Dias, e Clímaco (2000). Assim como o MACBETH, o propósito deste método multicritério de agregação aditiva também é o de dar apoio ao processo de avaliação de um conjunto enumerável de alternativas, de modo a promover a escolha da mais preferível. É um método de ADM bastante indicado em situações nas quais o decisor não se sente confortável para prover valores precisos para os pesos, aceitando trabalhar apenas com um conjunto de informações parciais. De acordo com Dias e Clímaco (2000), este método permite auxiliar os tomadores de decisão a encontrar as alternativas preferidas por meio da construção de uma função de valor aditiva. Tradicionalmente os decisores não apenas acham difícil quantificar suas preferências, como também podem mudá-las à medida que o processo avança. Além disso, os procedimentos que são usados para elicitar os valores dos parâmetros muitas vezes demandam mais tempo e paciência dos decisores que estes dispõem. Apesar destas dificuldades, os processos convergem em uma atribuição “correta” para cada um dos parâmetros. Estes valores servem como referência para a “melhor” escolha. Muito freqüentemente, o decisor sente necessidade de mexer nesses valores, realizando uma posterior análise de sensibilidade.

Essa análise de sensibilidade, nos moldes que usualmente é feita, apresenta alguns pontos não desejáveis. Primeiro demanda o cálculo do valor exato de cada parâmetro. Em seguida coloca o decisor frente ao “resultado de referência” prematuramente. Finalmente, a análise de sensibilidade é conduzida variando um único parâmetro por vez. Como uma alternativa a esses inconvenientes e limitações, os autores sugerem uma abordagem diferente, que faz uso de parâmetros variáveis interdependentes sujeitos a restrições. A informação conduz a restrições freqüentemente denominadas imprecisas, incompletas ou parciais. O uso da expressão imprecisa significa que não se imporá uma combinação precisa de valores para os parâmetros. O propósito é obter o máximo de informações possível a partir deste tipo de informação. O VIP não se propõe a chegar a uma função de valor, mas antes aos pesos com valores delimitados por restrições. O objetivo deste modo é o de reconhecer quais conclusões são válidas apesar da informação ser imprecisa e, por meio do processo interativo inerente a metodologia, eventualmente reduzirmos a incerteza e as escolhas possíveis (ou existentes).

O *VIP Analysis* é uma proposta que enfatiza conclusões e não resultados, pois o valor da função fornece uma ordem que provavelmente será alterada (ainda que parcialmente) quando os parâmetros sofrerem alterações. Portanto, o resultado da função de agregação é um conjunto de três tipos de conclusões:

- conclusão absoluta: refere-se a uma específica alternativa e uma condição que é satisfeita independentemente de todas as outras. Por exemplo, uma alternativa nunca é inferior a um dado limite pré-estabelecido como parâmetro.
- conclusão (relativa) unária: refere-se a uma específica alternativa e uma condição que depende de outras condições.
- conclusão (relativa) binária: refere-se à relação entre duas alternativas.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Uma discussão completa sobre os resultados encontra-se em Dias e Clímaco (2000). Campos (2006) descreve um estudo de caso que elucida a natureza das conclusões obtidas pela metodologia.

4 Notação e Conceitos básicos usados no VIP

O propósito do *VIP Analysis* é o de apoiar a avaliação de um conjunto discreto de alternativas. A idéia é a de estudar todas as conclusões que podem ser obtidas a partir de informações imprecisas, sem a necessidade de atribuição de pesos ou constantes de escalas.

O modelo multicritério de agregação aditiva *VIP Analysis* é apresentado a seguir:

$$V(a_i, k) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a_i), \quad \text{para } \sum_{j=1}^n k_j = 1 \text{ e } k_j \geq 0.$$

O valor global de uma alternativa a_i é a soma de seus valores nos n critérios ($v_1(a_i)$, $v_2(a_i)$, ..., $v_n(a_i)$) ponderada pelas n constantes de escala (pesos) $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ que indiretamente refletem a importância dos critérios. A construção dessa função requer que seja fixada uma ordem de importância dos critérios, ou seja, uma ordenação para as constantes de escala. Essa ordenação reflete a importância dos critérios. Essas constantes de escala são consideradas como variáveis interdependentes que podem assumir muitos valores, sujeitas a um conjunto de restrições.

Seja T o conjunto de todas as combinações dos valores dos parâmetros que satisfazem às restrições consideradas. É assumido que o conjunto de restrições é consistente, caso contrário o conjunto T poderia ser vazio. Uma vez que T esteja definido, o *VIP Analysis* pode ser usado para determinar conclusões robustas (válidas para todas as combinações em T) e para identificar quais resultados são mais afetados pelas imprecisões nos valores dos parâmetros.

5. O exemplo estudado

Nesta seção, é descrito o modelo usado como base para elucidar as metodologias MACBETH e *VIP Analysis* e ilustrar o uso conjunto dos métodos, conforme nosso objetivo. Este exemplo é uma adaptação da situação apresentada no artigo de Bana e Costa (2004) e trata do problema da escolha de uma carreira por uma pessoa.

O contexto decisório deste exemplo envolve a escolha de uma carreira por um jovem que irá prestar vestibular. O decisor foi considerado como um jovem recém egresso do ensino Médio, pertencente a classe B ou C.

O processo começa com a elaboração das alternativas potenciais: seis possíveis carreiras foram escolhidas. As profissões selecionadas foram:

1. Médico
2. Engenheiro
3. Advogado
4. Estatístico
5. Professor (Ensino Médio)
6. Enfermeiro

Em seguida, foi estabelecido os pontos de vista que o decisor adotado supõe ser essencial para que as atividades entre as alternativas potenciais possam ser avaliadas. Os critérios para que o agente de decisão (AD) fictício utilizasse como parâmetro em sua escolha foram:

1. Salário: mede o valor esperado do ganho de um profissional com 10 anos de experiência;
2. Qualidade de Vida: visa identificar a independência (não influência) que a carreira pode ter na vida pessoal de um ser humano, como o tempo que a pessoa precisa dedicar a sua profissão, viagens, plantões e etc;
3. Satisfação Pessoal: é verificado o prazer com que a pessoa exerce a profissão e retorno emocional associado ao exercício da função;

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

4. Respeito Profissional: aqui é aferida a visão da sociedade com relação à carreira;
5. Mercado de Trabalho: é analisado por meio do potencial de empregabilidade da profissão;
6. Crescimento Profissional: vislumbra avaliar o plano de carreira disponível para a mesma.

Foi verificada a independência preferencial entre os critérios. Outro aspecto observado foi que a estrutura de preferências dos atores envolvidos atende a uma lógica compensatória, o que possibilita o uso de uma função utilidade aditiva.

6. Aplicação

Como dito, o intuito deste estudo é avaliar o potencial do uso conjugado das metodologias de ADM, MACBETH e *VIP Analysis*. Com este propósito, inicialmente fazemos uso do programa MACBETH. Tal escolha se fundamenta na facilidade da ferramenta em fornecer a matriz de decisão, conforme visto no item 3.

6.1 Construção das funções de valor: a contribuição inicial do MACBETH no estudo de escolha da Profissão

Para a construção da matriz de decisão é necessária a descrição dos julgamentos intracritérios do AD. O MACBETH, para cada critério, demanda do decisor uma comparação par a par das alternativas. Esta comparação implica no uso de uma escala semântica, conforme visto no item 3. Vale lembrar da necessidade de inserirmos uma alternativa que em cada critério, tenha valor nulo, para que a escala construída seja cardinal absoluta ou de razões. A alternativa adotada foi “Desempregado”, que satisfaz esta exigência. A figura 1 apresenta os resultados obtidos.

Devemos salientar que a literatura apresenta diversas outras possibilidades para a criação da matriz de decisão e que a etapa é necessária, pois é preciso contornar o fato do *VIP Analysis* de não prover tal matriz.

Dada a necessidade do VIP ter os valores de avaliação intracritério normalizados no intervalo [0,1] adotou-se, em cada critério, a alternativa mais atrativa como sendo a referência para o valor “bom”. Em vez de uma referência para o valor “neutro”, adotou-se uma referência para o valor “pior existente” que foi a alternativa “desempregado”. Com esta definição da escala garante-se que não há valores acima da unidade. A existência desses valores é normal num problema de uso puro do MACBETH como se vê por exemplo, em Bana e Costa et al (2008) ou Bana e Costa e Silva (2008). No entanto traria problemas no uso conjugado com o VIP, devido à normalização exigida.

Criteria:	Salario	Respeito	Satisfação	Q_Vida	Cresc_Prof	Mercado
Importance:						
Advogado	1	0.773	0.619	1	1	0.522
Medico	0.93	1	1	0.493	0.885	0.783
Engenheiro	0.791	0.864	0.857	0.854	0.731	1
Estatístico	0.721	0.636	0.667	0.946	0.615	0.913
Professor	0.605	0.682	0.714	0.788	0.462	0.739
Enfermeiro	0.488	0.455	0.571	0.647	0.538	0.565
Desempregado	0	0	0	0	0	0

Figura 1: Dados iniciais (matriz de performances) para o exemplo fictício transpostos para o *VIP Analysis*.

Foge ao objetivo deste trabalho ir além no uso do MACBETH. Antes, é dada continuidade ao processo ADM com o uso do VIP.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

6.2 Aplicação do VIP no Estudo de escolha da profissão

A primeira etapa da aplicação do VIP pressupõe a matriz de decisão já preparada. Para alcançarmos o propósito deste trabalho, e reduzirmos possíveis distorções no estudo, utilizamos a matriz gerada pelo MACBETH.

A metodologia *VIP Analysis* proporciona muita flexibilidade na condução do processo de apoio a decisão. Esta característica é nata ao método que deseja que o decisor convirja para a melhor solução e que aprenda ao longo do processo.

Um primeiro movimento natural na direção da solução do problema é fazer uso do VIP considerando como *inputs* a matriz de decisão e apenas a soma dos pesos ser igual a 1. Desta forma, o programa estaria com “total liberdade” para o cálculo da primeira rodada de conclusões. Esta opção deixa o AD bastante “livre” para evoluir com ajuda do aplicativo.

O programa calcula o intervalo de valor global de cada alternativa e a matriz de confrontação extrema, que compara as alternativas duas a duas e indica a vantagem máxima (diferença de valor) de cada alternativa sobre todas as outras. Com essas informações podemos identificar as alternativas dominadas ou quase-dominadas por outras, assim como o máximo *regret* associado à escolha de cada alternativa. O máximo *regret* é, portanto, a desvantagem máxima que uma alternativa apresenta quando comparada com qualquer outra. Este valor corresponde ao valor máximo em cada coluna da matriz de confrontação.

Analisando os resultados fornecidos pelo VIP apresentados nas figuras 2 e 3, notamos que o programa aplicado com a opção “liberdade total” obtém um melhor desempenho para aquelas profissões que tiveram maior estabilidade com relação a sua avaliação em cada critério. Neste caso, o engenheiro e o estatístico foram os que tiveram um menor arrependimento, ou seja, a menor variação entre o máximo e o mínimo. Outro ponto importante percebido foi o fato de tanto o desempregado como o enfermeiro serem dominados absolutamente pelo engenheiro (melhor desempenho) devido ao valor máximo dessas duas profissões serem menores que o valor mínimo do engenheiro. Já no caso do professor, isso não acontece.

Summary	Range	Confrontation	Max Regret				
	Advogado	Medico	Engenheiro	Estatístico	Professor	Enfermeiro	Desempregado
Advogado		0.507	0.269	0.385	0.538	0.512	1
Medico	0.381		0.154	0.364	0.423	0.545	1
Engenheiro	0.478	0.361		0.228	0.269	0.435	1
Estatístico	0.391	0.453	0.092		0.174	0.348	0.946
Professor	0.217	0.295	-0.066	0.047		0.227	0.788
Enfermeiro	0.043	0.154	-0.193	-0.077	0.076		0.647
Desempregado	-0.522	-0.493	-0.731	-0.615	-0.462	-0.455	
Max Regret	0.478	0.507	0.269	0.385	0.538	0.545	1

Figura 2: Matriz de confrontação obtida pelo VIP para o cenário com opção “liberdade total”

Summary	Range	Confrontation	Max Regret		
Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Advogado		0.522	1	0.478	
Medico		0.493	1	0.507	
Engenheiro		0.731	1	0.269	
Estatístico		0.615	0.946	0.385	
Professor		0.462	0.788	0.538	YES
Enfermeiro		0.455	0.647	0.545	YES
Desempregado		0	0	1	YES

Figura 3: Resumo do VIP para opção “liberdade total”

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Após a análise dessa primeira interação, o decisor pode ou não se sentir confortável para retirar a alternativa enfermeira.

A matriz de confrontação, ao informar o máximo de vantagem (diferença de valores) entre todos os pares de alternativas, permite que avaliemos as relações de quase-dominância. As análises nesse sentido não foram conduzidas por estarem fora do escopo da proposta deste trabalho.

Uma linha de ação natural para o analista de decisão (independente do resultado anterior) seria, por exemplo, sugerir que o decisor fornecesse uma ordenação no conjunto de critérios.

Aqui supõe-se que seja possível que o decisor descreva tal ordenação. Assim, além da matriz de decisão, ordenamos os critérios em ordem decrescente de valor atribuído aos pesos.

A ordenação fornecida pelo decisor foi:

1. Salário
2. Satisfação Pessoal
3. Mercado de Trabalho
4. Crescimento Profissional
5. Qualidade de vida
6. Respeito

Com esta ordenação a profissão referência passou a ser o médico, pois mesmo não tendo o valor máximo, teve o menor arrependimento. Assim, ele passa a dominar absolutamente 4 das outras 7 alternativas, o que pode ser visto na figura 4 correspondente a esta aplicação.

Summary	Range	Confrontation	Max Regret		
Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Advogado		0.714	1	0.191	
Medico		0.818	0.965	0.07	
Engenheiro		0.791	0.883	0.209	
Estatístico		0.694	0.772	0.279	YES (Abs)
Professor		0.605	0.686	0.395	YES (Abs)
Enfermeiro		0.488	0.562	0.512	YES (Abs)
Desempregado		0	0	1	YES (Abs)

Figura 4: Sumário gerado pelo VIP para o cenário com ordenação dos critérios

Dando seqüência ao processo de apoio a decisão, outra consideração, a princípio interessante, seria a de introduzir um intervalo para os pesos dos critérios. Esses intervalos podem ser dados diretamente pelo decisor ou, como esta proposta sugere, podem ser obtidos pelo uso do julgamento intercritérios promovido pelo MACBETH.

Graças ao uso do MACBETH e da capacidade dele de transformar julgamentos semânticos sobre alternativas extremas em intervalos de pesos, o decisor consegue obter os intervalos para os pesos. Como já mencionado, o decisor deve ter apenas acesso aos intervalos sugeridos pelo MACBETH e não aos pesos “exatos” sugeridos pelo MACBETH, para não ter o seu julgamento enviesado. Esses intervalos ajudam a refinar o espaço de alternativas. A figura 5 apresenta as conclusões obtidas pelo VIP após as inserções destes intervalos. Os intervalos encontrados e usados como limites estão dados na tabela 1.

Tabela 1: Intervalos de pesos utilizados

	Salário	Respeito Profissional	Satisfação Pessoal	Qualidade De Vida	Crescimento Profissional	Mercado De Trabalho
Limite Inferior	0,1979	0,0985	0,1909	0,1281	0,1678	0,1746
Limite Superior	0,2157	0,1134	0,2044	0,1427	0,1876	0,1884

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Summary	Range	Confrontation	Max Regret		
Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Advogado		0.808	0.821	0.053	YES (Abs)
Medico		0.852	0.863	-0.004	
Engenheiro		0.846	0.85	0.016	YES (Abs)
Estatístico		0.744	0.753	0.119	YES (Abs)
Professor		0.655	0.662	0.205	YES (Abs)
Enfermeiro		0.543	0.547	0.32	YES (Abs)
Desempregado		0	0	0.863	YES (Abs)

Figura 5: Sumário gerado pelo VIP para o cenário com restrições aos pesos

Podemos observar, pelas tabelas acima, que, com as preferências expressas, o médico domina absolutamente todas as outras carreiras, o que nos permite parar o estudo neste ponto. Para um decisor com estas preferências, a profissão escolhida seria a de médico.

7. Análise de Resultados e Conclusões

A metodologia *VIP Analysis* apesar de trabalhar com uma função de agregação aditiva foge do uso regular desta ao evitar que a solução final seja a dada pela simples agregação da soma dos pesos, combinando a experiência e intuição do decisor com o aprendizado da análise multicritério.

O *VIP Analysis* possui uma boa flexibilidade no processo de apoio à tomada de decisão, proporcionando uma interatividade com o decisor. Além disso, ele enfatiza conclusões e não resultados, como destacado na matriz de confrontação e no sumário (*Summary*) gerado pelo método.

É oportuno lembrar que não faz parte do escopo deste trabalho uma comparação das metodologias *VIP Analysis* e *MACBETH* com o propósito de dizer qual a melhor. Até mesmo porque não acreditamos, como mencionado na introdução, na existência desta melhor opção. A idéia aqui é a de formarmos uma estrutura híbrida que pode servir muito bem em processos de ADM em um contexto de um decisor que não se sente confortável ou não consegue estabelecer posições rígidas diante das alternativas, mas que se encaixa nas premissas dos métodos supracitados. Assim sendo, acreditamos ter alcançado nosso propósito inicial. A fusão proposta mostrou-se uma idéia bastante interessante. A utilização da função de valor gerada pelo *MACBETH* funcionou muito bem como uma alternativa para criar a matriz de decisão que o *VIP* precisa, destacando-se que o uso da escala semântica proposta pelo *MACBETH* combina bem com o tipo de decisor subentendido pela *VIP Analysis*.

O uso dos intervalos de pesos obtido pela análise intercritérios do *MACBETH* foi muito positivo para a descrição dos intervalos dos pesos que o *VIP* coloca como um dos *inputs* do método. Mais uma vez, a forma com a qual o *MACBETH* conduz as questões para obtenção dos intervalos é compatível com o decisor considerado pelo *VIP* e se mostra uma linha de ação promissora ao facilitar o processo conduzido pelo *VIP*. A opção de não ser fornecido ao decisor os valores “exatos” dos pesos gerados pelo *MACBETH* também é coerente com o tipo de condução proposta pelo *VIP* e evita que o decisor seja influenciado por esse conjunto de valores.

Em relação ao pequeno exemplo dado, é possível observar que o resultado gerado pelo *VIP* com “liberdade total” enfatizou alternativas que apresentaram maior homogeneidade com relação à avaliação em cada critério. As duas carreiras que tiveram maior linearidade nos critérios foram as que tiveram menor arrependimento em relação aos mesmos. Essas profissões foram: o engenheiro e o estatístico. Por outro lado, carreiras muito bem avaliadas em alguns critérios e mal em outros, como médico e advogado, são apresentadas como menos promissoras.

Quando os intervalos dos pesos e a ordenação dos critérios foram inseridos, a regularidade deixou de ser uma característica preponderante. Isto pode ser verificado pela

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

carreira “Estatístico” ter passado a ser dominada pelas profissões “Engenheiro”, “Advogado” e “Médico”.

Finalmente, este trabalho atendeu ao objetivo inicial de mostrar a importância e coerência do uso conjugado das metodologias MACBETH e *VIP Analysis*. O uso do julgamento intercritérios do MACBETH ajudou o processo do VIP chegar a uma lista de alternativas mais promissoras e, quem sabe, na melhor alternativa. Pretende-se em um trabalho futuro conduzir um estudo completo deste uso conjugado de modo a melhor explorar a metodologia aqui proposta.

8. Referências Bibliográficas

BANA e COSTA, C.A. e CHAGAS, M.P. (2004) A career choice problem: An example of how to use MACBETH to built a quantitative value model based on qualitative value judgments. *European Journal of Operational Research*, n. 153, p. 323-331.

BANA e COSTA C.A., DE CORTE, J.M. e VANSNICK, J.C. (2003) Working Paper LSEOR 03.56, London School of Economics.

BANA E COSTA, C.A. e SILVA, M.B.F.A. (2008) Modelo multicritério de avaliação de capacidade empreendedora em empresas de base tecnológica. *Engevista*, n. 10 (1), p. 4-14.

BANA E COSTA, C.A. e VANSNICK, J.C.(1995) A theoretical framework for Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH). **In.** *Multicriteria Analysis* [edited by J. Clímaco, J.], Springer Verlag, Berlim, p. 15-24.

BANA e COSTA, C.A., LOURENÇO, J.C., CHAGAS, M.P. e BANA e COSTA, J.C. (2008) Development of reusable bid evaluation models for the Portuguese electric transmission company. *Decision Analysis*, n. 5 (1), p. 22-42.

CAMPOS, V. e ALMEIDA, A.T. (2006) Modelo Multicritério para localização de Nova Jaguariba com *VIP Analysis*. *Pesquisa Operacional*, n. 16 (1), p. 91-107.

CLÍMACO, J.C.N. (2004) A critical reflection on optimal decision, *European Journal of Operational Research*, n. 153, p. 506-516.

COSTA, A.P.C.S., ALMEIDA, A.T. e GOMES, L.F.A.M. (2003) Priorização do Portfólio de Projetos de Sistemas de Informação Baseado no Método TODIM de Apoio Multicritério à Decisão. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*. n. 11 (23), p. 106-119.

DIAS, L.C. e CLÍMACO, J.C.N. (2000) Additive Aggregation with variable Interdependent Parameters: the *VIP Analysis* Software. *Journal of Operational Research Society*, **51**, (9), 1070-1082.

DIAS, L.C. e CLÍMACO, J.C.N. (2005) Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: A methodology and a GDSS architecture. *European Journal of Operational Research*, n. 160, p. 291-307.

GOMES, C.F.S. e GOMES, L.F.A.M. (2002) A Função da Decisão Multicritério - Parte I: Dos Conceitos Básicos à Modelagem Multicritério. *Revista do Mestrado Em Administração e Desenvolvimento Empresarial*, Rio de Janeiro, RJ, v. **2**, n. 3, 77-88.

GOMES, E.G., SOARES DE MELLO, J.C.C.B. e MANGABEIRA, J.A.C. (2008) Índice multicritério de bem estar social rural em um município da região amazônica. *Pesquisa Operacional*, v. **28**, p. 141-160.

GOMES, L. F. A. M. (1994) Auxílio Multicritério à Decisão em Planejamento e Gestão, Parte I: Teoria do Método TODIM. *Pesquisa Naval*, n. 6, p. 171-193.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

GOMES, L.F.A.M., DUARTE, V.C.A. e MORAES, L.F.R. (1999) Análise Multicritério de Projetos de Produção de Petróleo: Os Métodos PROMETHÉE e TODIM. Pesquisa Naval. n. 12, p. 251-262.

GOMES, L.F.A.M., GOMES, C.F.S. e ALMEIDA, A.T. (2006) Tomada de Decisão Gerencial: O Enfoque Multicritério. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas.

OLSON, D.L (2001). Comparison of three multicriteria methods to predict known outcomes, European Journal of Operational Research, n. 130, p. 576-587.

RAMANATHAN, R. (2006) Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process. Computers & Operations Research, n. 33, p. 1289-1307.

RANGEL, L.A.D. e GOMES, L.F.A.M. (2007) Determinação do valor de referência do aluguel de imóveis residenciais empregando o método TODIM. Pesquisa Operacional, n. 27 (2), p. 357-372.

RANGEL, L.A.D., SOARES DE MELLO, J.C.C. B., GOMES, E.G., GOMES, L.F.A.M. (2003) Avaliação da interiorização dos cursos da Universidade Federal Fluminense com o uso conjugado dos métodos UTA e MACBETH. Investigação Operacional, n. 23(1), p. 49-69.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B, GOMES, E. G. e LINS, M.P.E. (2002) Análise multicritério da presença da Universidade Federal Fluminense com o uso do método MACBETH. Produção, n. 11 (2), p. 53-67

SOARES DE MELLO, J. C. C. B., LINS, M. P. E., SOARES DE MELLO, M. H. C. e GOMES, E. G. (2002) Evaluating the performance of calculus classes using operational research tools. European Journal of Engineering Education 27 (2), 209-218.