

APOIO À ADMINISTRAÇÃO UNIVERSITÁRIA: APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MACBETH E UTA NA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

DECISION SUPPORT TO UNIVERSITY MANAGEMENT: AN APPLICATION OF THE MACBETH AND UTA METHODS TO UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

**LUIZ FLÁVIO AUTRAN
MONTEIRO GOMES**

*Professor Titular do Ibmec – RJ. PhD pela University of California, Berkeley, EUA.
Av. Rio Branco, 108 – 5ª andar, Rio de Janeiro – RJ – CEP 20040-001.
E-mail: autran@ibmecrj.br*

**JOÃO CARLOS CORREIA
BAPTISTA SOARES DE MELLO**

*Professor Assistente do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. Mestre em Matemática pela Universidade Federal Fluminense.
R. Passo da Pátria, 156, Niterói – RJ – CEP 24240-240.
E-mail: jcsmello@bol.com.br*

**LUÍS ALBERTO DUNCAN
RANGEL**

*Professor Assistente da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica da Universidade Federal Fluminense. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense.
Av. dos Trabalhadores, 420, Volta Redonda – RJ – CEP 27255-125.
E-mail: duncanuff@hotmail.com*

ELIANE GONÇALVES GOMES

*Doutoranda no Programa de Engenharia de Produção da COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE.
Caixa Postal 68.543, Rio de Janeiro – RJ – CEP 21945-970.
E-mail: eggomes@pep.ufrj.br*

SAUL FUKS

*Professor Titular do Programa de Engenharia de Produção da COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. PhD pela University of California, Berkeley, EUA.
Cidade Universitária – Centro de Tecnologia – F-103, Rio de Janeiro – RJ – CEP 21945-970
E-mail: saul@pep.ufrj.br*

RESUMO

Este artigo apresenta o uso combinado de dois métodos analíticos do Apoio Multicritério à Decisão na avaliação da interiorização da Universidade Federal Fluminense, localizada no estado do Rio de Janeiro, no que diz respeito ao impacto em cada município onde a mesma se faz presente. O método Macbeth é usado para transformar a avaliação qualitativa de cada critério em uma avaliação quantitativa. Para a obtenção do valor global de todas as alternativas pelo método UTA, um conjunto de referência é ordenado. As faixas de variação para os pesos dos critérios obtidos pelo método Macbeth são usadas como restrições adicionais para o método UTA, de modo a reduzir o conjunto de soluções ótimas.

PALAVRAS-CHAVE

Decisões multicritério; Interiorização de universidade; Critérios de avaliação; Objetivos múltiplos; Universidade pública.

ABSTRACT

This article presents the combined use of two analytical methods of Multicriteria Decision Aiding in evaluating the interiorization of Universidade Federal Fluminense, located in the State of Rio de Janeiro, with respect to the impacts on every municipality where the university is present. The Macbeth method is utilized in order to transform qualitative evaluations on each criterion into quantitative evaluations. In order to obtain the global value of all alternatives by the UTA method, a reference set is ordered; ranges for the variation of criteria weights from Macbeth are then employed as additional restrictions for using UTA, which allows reducing the set of optimal solutions.

KEYWORDS

Multicriteria decisions; Interiorization of a university; Evaluation criteria; Multiple Objectives; Public university.

1 INTRODUÇÃO

A Universidade Federal Fluminense (UFF) é uma instituição de ensino superior com sede na cidade de Niterói, estado do Rio de Janeiro. Está passando por um processo de interiorização particularmente intenso nos últimos anos, resultado de uma política de descentralização do ensino superior. A interiorização visa atender a demanda das diversas cidades do interior do estado do Rio de Janeiro por um ensino público superior de qualidade.

Com a finalidade de quantificar o impacto da presença da UFF nos municípios onde atua, foi desenvolvida uma variante para o método UTA (*Utilité Aditive*), que incorpora informações obtidas do método Macbeth (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), de forma a melhor retratar as preferências dos decisores.

Na avaliação multicritério, atuaram como decisores dois dos autores que são professores dessa instituição, com amplo conhecimento de sua atuação fora da sede. As alternativas são os municípios em que a UFF tem cursos de graduação, e os critérios são a quantidade de cursos oferecidos, regularidade de acesso, tempo de presença da instituição, instalações e corpo docente.

Na seção seguinte descreve-se os fundamentos do método UTA. Na seção 3 são abordadas as modificações no método UTA, além de rápida descrição do método Macbeth. A seção 4 descreve o caso de estudo e sua estruturação. A implementação do método UTA com restrições aos pesos e seus resultados são apresentados na seção 5. Seguem-se as conclusões e as referências bibliográficas.

2 O MÉTODO UTA

O Método UTA é um método desenvolvido no âmbito do Apoio Multicritério à Decisão. Foi proposto pelos pesquisadores Jacquet-Lagrece e Siskos em 1982. Esse método tem a vantagem de permitir a estimação das funções de utilidade aditiva não lineares de cada critério presente na análise, e a determinação do valor global de todas as alternativas. Para que esse método seja implementado é necessário que o decisor forneça uma ordenação de um subconjunto ou do conjunto das alternativas considerando suas preferências, além da matriz de avaliação (matriz que contempla as avaliações das alternativas em relação aos critérios). Para aplicar o Método UTA assumem-se as bases axiomáticas da Teoria de Utilidade Multiatributo (*Multi-Attribute Utility Theory* – MAUT).

O problema de regressão ordinal tratado pelo Método UTA (Jacquet-Lagrece e SISKOS, 1982) é assim expresso:

“Dada uma estrutura preferência de ordem fraca (\succ, \sim), o ajuste da função de utilidade baseado em critérios múltiplos é obtida de tal modo que a estrutura de preferência resultante seja tão consistente quanto possível com a estrutura inicial”.

Nessa definição, os símbolos \succ e \sim significam, respectivamente, preferência estrita e indiferença entre as alternativas.

Sejam A o conjunto de todas as alternativas e A' o conjunto referência, ou seja, o conjunto de alternativas que são ordenadas pelo decisor. No modelo aditivo, quando somente um critério i está envolvido, a preferência entre as alternativas a e b pertencentes ao conjunto A' pode ser explicitada segundo as equações (1a) e (1b), nas quais um critério i define no conjunto A' uma relação binária de pré-ordem (\succ, \sim); e representam os desempenhos das alternativas a e b , respectivamente, em relação ao critério i (Barba-Romero e Pomerol, 1997).

$$\begin{aligned} a \succ b &\Leftrightarrow g_i(a) > g_i(b) && (1a) \\ a \sim b &\Leftrightarrow g_i(a) = g_i(b) && (1b) \end{aligned} \quad (1)$$

Ao considerar-se que o conjunto de referência das alternativas A' é avaliado por um conjunto de critérios $g = (g_1, g_2, g_3, \dots, g_n)$, onde n o número de critérios e g_i o desempenho no critério i , a agregação de todos os critérios em um único critério é denominado de função de utilidade multiatributo e é representado por $U(g) = U(g_1, g_2, g_3, \dots, g_n)$.

Sendo P a relação de preferência estrita, I a relação de indiferença entre duas alternativas e a avaliação multicritério da alternativa a , a função de utilidade U tem as propriedades apresentadas em (2):

$$\begin{aligned} U[g(a)] > U[g(b)] &\Leftrightarrow a P b \\ U[g(a)] = U[g(b)] &\Leftrightarrow a I b \end{aligned} \quad (2)$$

A relação $R = P \cup I$ define uma ordenação fraca das alternativas em A' .

A equação (3) apresenta uma função de utilidade aditiva, na qual cada termo $u_i[g_i(a)]$ representa a utilidade marginal do desempenho $g_i(a)$ no critério i para a alternativa a . A hipótese fundamental que é preciso não esquecer quando se aplica uma função de utilidade aditiva é a condição de independência mútua entre os critérios em termos de preferência (Keeney e Raiffa, 1993).

$$U[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] \quad (3)$$

Para cada alternativa de A' , a função de utilidade calculada $U'[g(a)]$, em função da ordenação fornecida pelo decisor, difere da verdadeira $U[g(a)]$ de um erro $\sigma(a)$, segundo a equação (4).

$$U'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] + \sigma(a), \quad \forall a \in A' \quad (4)$$

Ao considerarem-se as relações de preferência e de indiferença (relações (2)) e a função de utilidade (3), obtêm-se as relações (5), onde $\delta > 0$ é um número real pequeno empregado a fim de separar significativamente duas classes da ordenação fraca R .

$$\begin{aligned} U'[g(a)] - U'[g(b)] &\geq \delta \Leftrightarrow a P b \\ U'[g(a)] - U'[g(b)] &= 0 \Leftrightarrow a I b \end{aligned} \quad (5)$$

Ao substituir-se (4) em (5), deduzem-se as relações (6), que representam as restrições devido à preferência e à indiferença, respeitando-se a transitividade das alternativas.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \{u_i[g_i(a)] \pm u_i[g_i(b)]\} + \sigma(a) \pm \sigma(b) &\geq \delta \Leftrightarrow a P b \\ \sum_{i=1}^n \{u_i[g_i(a)] \pm u_i[g_i(b)]\} + \sigma(a) \pm \sigma(b) &= 0 \Leftrightarrow a I b \end{aligned} \quad (6)$$

O Método UTA utiliza um modelo matemático representado por meio de um Problema de Programação Linear (PPL) que, além das restrições apresentadas em (6), considera as restrições de não negatividade das variáveis, monotonicidade das funções de utilidade e duas restrições de normalização (os valores mínimos de cada variável são iguais a zero e a soma dos valores máximos absolutos dos critérios é igual a um). A função objetivo minimiza a soma dos erros adicionados às utilidades de cada alternativa, de modo a não alterar a ordenação definida pelo decisor no conjunto de referência A' . As variáveis de decisão são os valores que as funções de utilidade assumem em pontos pré-definidos, além dos erros cuja soma deve ser minimizada. O modelo matemático, PPLI, que descreve o Método UTA, é apresentado em (7).

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } F = \sum_{a \in A'} \sigma(a) \\
 & \text{sa} \\
 & \sum_{i=1}^n \{u_i[g_i(a)] - u_i[g_i(b)]\} + \sigma(a) - \sigma(b) \geq \delta \Leftrightarrow a P^* b \\
 & \sum_{i=1}^n \{u_i[g_i(a)] - u_i[g_i(b)]\} + \sigma(a) - \sigma(b) = 0 \Leftrightarrow a I^* b \\
 & u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i, \quad \forall i, j \\
 & \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \\
 & u_i(g_{i^*}) = 0, \quad \forall i \\
 & u_i(g_i^j) \geq 0, \quad \forall i, j \\
 & \sigma(a) \geq 0
 \end{aligned} \tag{7}$$

Nessa formulação; a e b são alternativas do conjunto de referência; $u_i(g_i[a])$ são as variáveis de decisão, onde $u_i(g_i[a])$ é a utilidade marginal do desempenho da alternativa a no critério i e $\sigma(a)$ é o erro associado à utilidade global da alternativa a ; P^* e I^* representam preferência e indiferença no conjunto de referência A' ; s_i é o valor atribuído à diferença da utilidade marginal de dois pontos consecutivos em cada critério i ; $u_i(g_{i^*})$ e $u_i(g_i^1)$ são os valores mínimo e máximo absolutos da utilidade marginal de cada critério i e $u_i(g_i^j)$ é a utilidade marginal de um ponto qualquer j (número de pontos definidos pelos decisores) no critério i .

Se o valor da função objetivo for igual a zero, isso significa que o modelo representa perfeitamente a ordenação proposta pelos decisores. Se for diferente de zero, há alteração na ordem proposta no conjunto de referência, o que pode significar incoerência na expressão dos julgamentos por parte dos decisores.

A solução do PPLI na busca da solução ótima F^* não significa o final da execução do método UTA, já que pode existir uma infinidade de soluções. Com o uso de procedimentos de pós-otimização, buscam-se soluções nos vértices de

um novo poliedro. Esta busca é feita por meio de novos PPL's, que apresentam as mesmas restrições do PPL₁ apresentado em (7), possuem mais uma restrição, mostrada em (8).

$$F \leq F^* + k(F^*) \quad (8)$$

A restrição (8) estabelece que F não ultrapassa F^* além de um limite positivo $k(F^*)$, que é uma fração muito pequena de F^* . Para cada critério pode-se definir um intervalo de variação do valor máximo absoluto atingido pela função de utilidade, que são obtidos nos extremos do novo poliedro. A exploração do novo poliedro pode ser feita com a resolução de dois novos PPLs, um de maximização, PPL₂, e outro de minimização, PPL₃, para a variável que representa o valor máximo absoluto de cada critério i , que estão sujeitos às mesmas restrições do primeiro PPL, além da restrição (8).

O Método UTA propõe, ainda, calcular as médias dos valores das variáveis que definem a função de utilidade em cada critério. São realizadas $2n$ implementações, sendo n o número de critérios do problema. Com os valores médios calculados para essas variáveis, é possível avaliar o valor global de todas as alternativas $a \in A$ e a função de utilidade de cada critério.

3 RESTRIÇÕES AOS PESOS

Os PPLs que descrevem o Método UTA apresentam soluções ótimas múltiplas, isto é, mais de uma solução representa perfeitamente a ordenação proposta inicialmente pelos decisores. Esse problema pode acarretar em uma valorização extrema de um determinado critério em detrimento de outros, situação que pode não ser bem aceita pelos decisores.

Aqui se encontram semelhanças com situações ocorridas em problemas abordados pela metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) (Cooper et al., 2000; Lins e Angulo-Meza, 2000), quando algumas unidades de tomada de decisão (DMUs) atingem a eficiência com a atribuição de peso nulo a várias variáveis. No âmbito de DEA foi desenvolvida a técnica de restrições aos pesos para contornar esse problema (Allen et al., 1997). Pretende-se usar idéias semelhantes para restringir a flexibilidade de pesos no método UTA.

Na maioria dos problemas abordados pelo Apoio Multicritério à Decisão, os decisores atribuem importâncias diferentes aos diversos critérios. Embora a maioria dos decisores consiga identificar facilmente os critérios mais importantes, têm, em muitas situações, extrema dificuldade em quantificar, ainda de forma arbitrária, a sua importância relativa (Dias et al., 1998).

Muitos métodos do Apoio Multicritério à Decisão propõem-se a tratar dessa dificuldade, podendo citar entre outros o método AHP (Saaty, 1980) e o método Macbeth (Bana e Costa e Vansnick, 1995, 1997).

O método Macbeth, embora sugira um valor para os pesos, permite aos decisores, ao contrário do método AHP, escolhê-los dentro de uma faixa de variação. Tal propriedade torná-o muito útil como um método auxiliar em técnicas que utilizam a programação linear na determinação dos pesos, como acontece em DEA e no método UTA. Soares de Mello et al. (2002) propõem o uso do método Macbeth para restringir os pesos no modelo DEA. Esse artigo apresenta uma variação dessa técnica para reduzir a ampla margem de variação dos pesos no método UTA, que consiste em gerar um novo PPL com restrições que definem uma faixa de variação para os pesos dos critérios obtidos pelas preferências do decisor e interpretadas por uma escala no método Macbeth. A alteração no método UTA aqui proposta é uma extensão da abordagem apresentada por Rangel e Gomes (2001).

3.1 O MÉTODO MACBETH

O método Macbeth auxilia na resolução de duas questões essenciais (Gomes et al., 2000):

- Para cada critério, determinar uma escala de valores, ou seja, atribuir notas a cada alternativa. Em alguns casos existe uma forma natural de fazer essa atribuição, sendo custo de uma mercadoria o exemplo clássico. Em outros casos a avaliação é qualitativa, sendo necessário transformá-la em quantitativa.
- Tendo as “notas” de cada alternativa relativas a cada critério, é necessário agregá-las em uma nota única por meio de uma soma ponderada. O problema consiste na atribuição de pesos aos vários critérios, respeitando as opiniões dos decisores.

Para o primeiro deles é usado o módulo “scores” do programa Macbeth. A metodologia Macbeth propõe a construção de uma escala de valor cardinal sobre o conjunto de alternativas (A), a partir de juízos absolutos de diferença de atratividade entre duas delas. A questão fundamental nessa abordagem é (Bana e Costa e Vansnick, 1995): dados os impactos $i_j(a)$ e $i_j(b)$ de duas alternativas a e b de A segundo um ponto de vista fundamental PVF_j (critério), sendo a julgada mais atrativa que b , a diferença de atratividade entre a e b é “indiferente”, “muito fraca”, “fraca”, “moderada”, “forte”, “muito forte” ou “extrema”? Para avaliação das alternativas em cada critério, é construída uma matriz de diferenças de atratividade. Por programação linear é sugerida uma escala de notas e os intervalos em que elas podem variar.

Para o segundo problema apontado (atribuição de pesos e construção da função que conduz ao critério síntese), utiliza-se o módulo *weights* do programa Macbeth. Ao contrário do método AHP, que compara a importância dos critérios dire-

tamente, o Macbeth faz a comparação de forma indireta, considerando alternativas fictícias que representam cada um dos critérios. A alternativa fictícia a_j representa o critério j quando apresenta a melhor nota em j e a pior em todos os outros critérios. É ainda introduzida uma outra alternativa, correspondente a um critério artificial, com a pior nota em todos os critérios, com a finalidade de evitar que um critério real tenha peso nulo. A eventual atribuição de peso zero a um critério relevante violaria o axioma da exaustão (Roy e Bouyssou, 1993). Por meio da comparação da atratividade das alternativas são atribuídos os pesos aos critérios (e a faixa de variação) de forma análoga ao procedimento realizado no módulo *scores*.

A faixa de variação para os pesos obtida pelo método Macbeth fornece as restrições que serão adicionadas ao método UTA.

3.2 MÉTODO UTA COM RESTRIÇÕES AOS PESOS

O método UTA original não leva em conta a “importância” dos critérios na estimação das funções de utilidade.

Para que os valores máximos absolutos dos critérios estejam de acordo com a importância dada pelos decisores, dois limites são impostos ao modelo: um limite superior e um inferior. Esses valores limites são respeitados pelos modelos por meio de novas restrições que são incorporadas aos PPLs citados, gerando novos modelos.

Seja w_i o peso do critério i calculados pelo Macbeth a partir dos julgamentos dos decisores sobre as diferenças de atratividade entre alternativas que representam os diversos critérios i , w_i^+ e w_i^- os limites superior e inferior de w_i .

Ao serem adicionadas as restrições (9a) e (9b) ao modelo matemático PPL1, um novo modelo é obtido, o PPL1', que possui a mesma função objetivo do PPL1. Como no método UTA original, a solução do PPL1' ainda não é a solução final; é necessário proceder à análise de pós-otimização a fim de determinar os valores médios das variáveis. Esses valores são obtidos por meio das implementações dos PPL2' (Min) e PPL3' (Max), similares aos da análise de pós-otimização do método UTA, acrescidos das restrições (9). Nessas formulações $u_i(g_i^{*-})$ e $u_i(g_i^{*+})$ são, respectivamente, o mínimo e o máximo que o valor máximo absoluto de cada critério pode assumir.

$$u_i(g_i^{*-}) \geq w_i^- \quad (9a)$$

$$u_i(g_i^{*+}) \leq w_i^+ \quad (9b) \quad (9)$$

A variante do método UTA é descrita matematicamente por meio dos PPL1', PPL2' e PPL3'. O conjunto de soluções obtido por meio das implementações des-

ses PPL's apresenta soluções mais próximas das preferências dos decisores do que as do método UTA original, já que o conjunto de soluções viáveis é mais restrito, devido à inclusão de restrições aos pesos.

4 ESTUDO DE CASO

O método UTA modificado será aplicado na avaliação da interiorização dos cursos de graduação da Universidade Federal Fluminense (UFF). O objetivo é ordenar os municípios em função da maior presença da UFF. Uma avaliação que considera a presença total da UFF (ensino e extensão) foi apresentada por Soares de Mello et al. (2001b). Uma outra avaliação que considera a capacidade de todos os municípios do estado do Rio de Janeiro em promoverem políticas que levem ao ingresso de seus habitantes no ensino superior da UFF é descrita em Soares de Mello et al. (2001a).

4.1 UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE E O PROCESSO DE INTERIORIZAÇÃO

A UFF foi criada na década de 60, a partir da fusão de várias faculdades isoladas do município de Niterói, estado do Rio de Janeiro, onde é sua sede. Posteriormente foram agregados uma escola de Engenharia em Volta Redonda (inicialmente com um curso de Engenharia Metalúrgica e a partir de 2001 também de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica), uma escola de Serviço Social em Campos dos Goytacazes e dois colégios agrícolas em Pinheiral e Bom Jesus do Itabapoana (com cursos técnicos em Agropecuária) (COSEAC, 2002).

A partir de 1984, por meio de um convênio com a Prefeitura de Santo Antônio de Pádua, a UFF começou um projeto de interiorização de cursos de graduação, tendo estabelecido um curso de licenciatura em Matemática nessa cidade. Esse curso funciona até hoje em instalações cedidas, embora já possua um terreno para construção das futuras instalações. Enquanto que a responsabilidade do corpo docente é exclusiva da UFF, a prefeitura contribui com facilidades para deslocamento e alojamento dos professores não residentes na região.

Na década de 90, a interiorização expandiu-se para os municípios de Angra dos Reis (curso de Pedagogia), Cabo Frio (Ciências Contábeis), Itaperuna (Administração), Macaé (Administração e Ciências Contábeis) e Miracema (Ciências Contábeis). Em 2002 foram iniciados os cursos de Ciências Contábeis no município de São João de Meriti e de Direito em Macaé, com previsão de abertura de novos cursos em outros municípios. Nessas cidades as instalações são cedidas e o corpo docente, embora da UFF, conta com suporte finan-

ceiro da prefeitura, que assim participa das decisões sobre abertura de vagas em vestibular.

A UFF conta ainda com duas fazendas escola em Cachoeiras de Macacu e Iguaba Grande, com pouca atividade. Possui também um campus avançado em Oriximiná, estado do Pará, onde há campo para estágio de alunos de áreas sociais e de saúde, no atendimento à população local. A Figura 1 mostra a distribuição espacial da presença da UFF no estado do Rio de Janeiro.

FIGURA 1

Distribuição espacial da presença da UFF nos municípios do Estado do Rio de Janeiro



4.2 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA: DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS E CRITÉRIOS

Nesse estudo as alternativas são os municípios onde funcionam cursos de graduação da UFF. Os demais municípios com presença da UFF não são considerados, já que o objetivo é apenas avaliar questões relativas ao ensino de graduação. Uma eventual inclusão dos municípios onde não funcionam cursos de graduação ainda levantaria problemas de coerência na família de critérios.

Com o objetivo de analisar a intensidade da atuação da UFF nos municípios escolhidos, foram selecionados fatores que formam uma família coerente de critérios, no sentido em que descrevem o problema o melhor possível, são coerentes e não redundantes. A Tabela 1 mostra a matriz de avaliação para o problema. Os critérios adotados foram:

- Número de cursos: este critério avalia a quantidade de cursos no município analisado. Não são feitas considerações subjetivas sobre interesse ou qualidade dos mesmos.
- Regularidade do acesso: aqui se verifica se nos municípios onde há cursos o ingresso é feito de forma regular, ou seja, se em todos os anos há ingresso nos dois semestres. Esse critério fornece uma indicação da estabilidade do curso ou se este apresenta problemas de funcionamento. Para o cálculo da regularidade foram considerados os acessos nos últimos cinco anos.
- Tempo de presença da UFF: este critério é descrito pelo número de anos que a UFF, ou as unidades que lhe deram origem, está presente no município considerado, e verifica se já foi criada uma tradição da universidade na localidade.

TABELA 1
MATRIZ DE AVALIAÇÃO

Alternativas (Municípios)	Critérios				
	C1-CUR Quantidade de Cursos	C2-REG Regularidade (%)	C3-ANO Anos de Presença	C4-INS Instalação	C5-DOC Corpo Docente
Angra dos Reis	1	60	11	10,5	30,8
Cabo Frio	1	50	3	10,5	30,8
Campos de Goytacazes	1	100	30	57,9	92,3
Itaperuna	1	50	10	10,5	38,5
Macaé	3	50	10	10,5	38,5
Miracema	1	20	10	10,5	38,5
Niterói	44	91	51	100	100
São João de Meriti	1	50	1	10,5	30,8
Santo Antonio de Pádua	1	90	19	26,3	53,8
Volta Redonda	3	100	42	68,4	76,9

- Instalações: é avaliado se as atividades são realizadas em sede própria ou em imóveis cedidos e/ou compartilhados. Em locais onde a sede é própria, verifica-se se as instalações atendem plenamente às necessidades da instituição. Onde não há sede própria, a análise fica sem sentido, pois tudo que existe pode ser considerado provisório. A quantificação desse critério subjetivo é feita por meio de Macbeth.
- Corpo docente: neste critério considera-se a existência de professores lotados especificamente e de forma permanente para atividades no município. Deve-se considerar ainda se os professores lotados no município são residentes nas vizinhanças, se percorrem grandes distâncias no deslocamento ou, ainda, se recebem auxílio para hospedagem. Tal como o critério anterior, este também é quantificado com o uso do Macbeth.

5 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO UTA MODIFICADO

Para implementar o método UTA, foi solicitado aos decisores que ordenassem algumas das alternativas de forma global. Os decisores definiram o conjunto de referência $A' = \{\text{Niterói, Volta Redonda, Campos dos Goytacazes, Santo Antônio de Pádua, Angra dos Reis, São João de Meriti}\}$ e a ordenação é aquela em que as alternativas foram escritas no conjunto, sendo Niterói a preferida e São João de Meriti a última opção.

Os decisores fizeram, ainda, julgamentos de valor sobre os critérios, que forneceram os limites de variação para os pesos. Empregou-se o método Macbeth para estabelecer os limites aos pesos. Após uma primeira implementação, na qual s_j foi definido como nulo, os resultados apresentados pelo modelo não foram satisfatórios por apresentarem alguns resultados inaceitáveis pelos decisores.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros definidos pelos decisores e que foram empregados na segunda implementação. Nessa tabela, α representa o número de pontos em que as funções de utilidades serão definidas e s_j assumiu o valor de 0,01. Os resultados apresentados por esse novo modelo foram considerados satisfatórios.

A Tabela 3 apresenta os valores assumidos por cada variável do modelo, que definem as funções de utilidade de cada critério e, conseqüentemente, o valor global de cada alternativa. A Figura 2 mostra as funções de utilidade para os critérios, para o método UTA modificado (com restrições aos pesos) e UTA original, e a Tabela 4 apresenta a ordenação das alternativas segundo seu valor global, empregando-se o método UTA modificado.

TABELA 2

**PARÂMETROS DEFINIDOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO
DA VARIANTE DO MÉTODO UTA**

Critérios	Parâmetros			
	(Municípios)	Valor (Mínimo) - (g_i^*)	Valor (Máximo) - (g_i)	α
C1 – CUR [Quantidade de Curso]	1	44	6	0,01
C2 – REG [Regularidade (%)]	50	100	6	0,01
C3 – ANO [Anos de Presença]	1	51	6	0,01
C\$ – INS [Instalação]	10,5	100	6	0,01
C5 – DOC [Corpo Docente]	30,8	100	6	0,01

TABELA 3

RESULTADOS DP PPL1' E DA ANÁLISE PÓS-OTIMIZAÇÃO

Critérios	Variáveis	PPL1' (F* = 0)	Análise de Pós-Otimização
C1	U11	0,000	0,000
	U12	0,010	0,168
	U13	0,020	0,178
	U14	0,030	0,220
	U15	0,040	0,262
	U16	0,441	0,382
C2	U21	0,000	0,000
	U22	0,010	0,010
	U23	0,020	0,020
	U24	0,030	0,030
	U25	0,040	0,066
	U26	0,281	0,288
C3	U31	0,000	0,000
	U32	0,010	0,010
	U33	0,020	0,020
	U34	0,030	0,030
	U35	0,051	0,062
	U36	0,061	0,077

TABELA 3

RESULTADOS DP PPL1' E DA ANÁLISE PÓS-OTIMIZAÇÃO

Critérios	Variáveis	PPL1'	Análise de
		(F* = 0)	Pós-Otimização
C4	U41	0,000	0,000
	U42	0,010	0,010
	U43	0,020	0,033
	U44	0,030	0,133
	U45	0,040	0,154
	U46	0,167	0,189
C5	U51	0,000	0,000
	U52	0,010	0,010
	U53	0,020	0,020
	U54	0,030	0,045
	U55	0,040	0,055
	U56	0,050	0,065

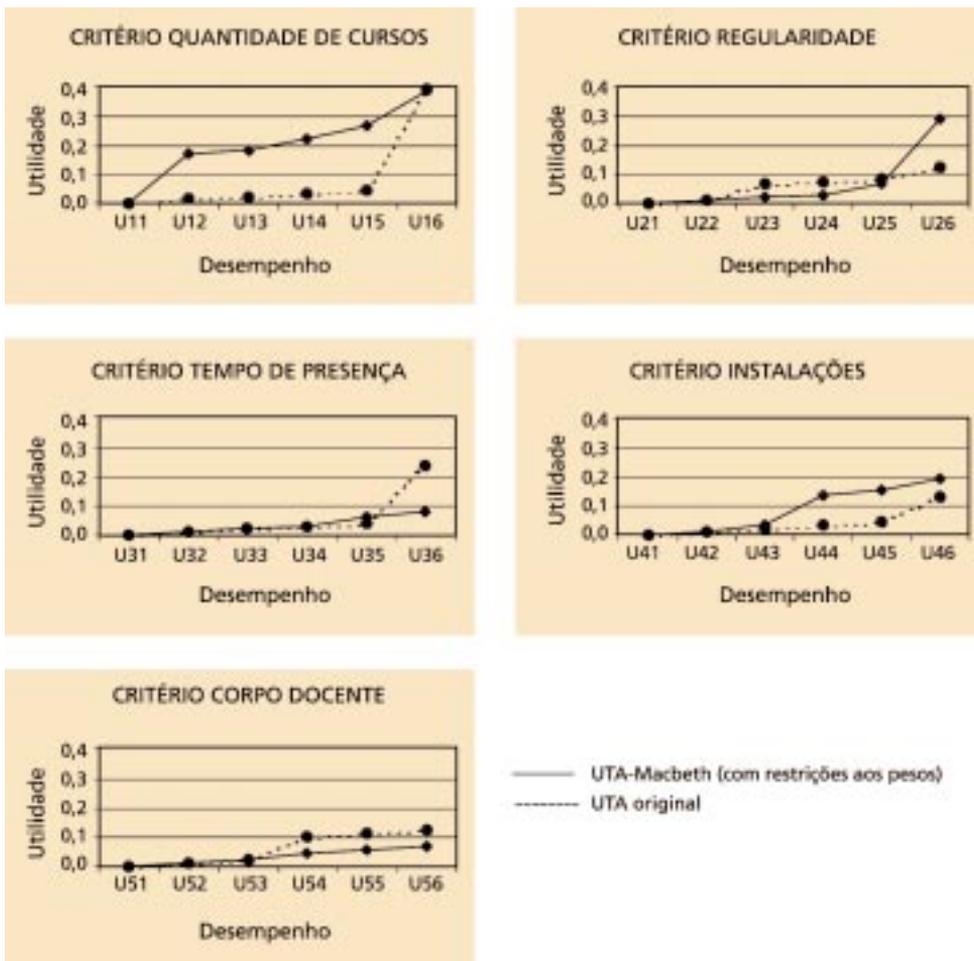
TABELA 4

ORDENAÇÃO DAS ALTERNATIVAS SEGUNDO SEU VALOR GLOBAL

Alternativa	Valor Global
Niteroi	0,801
Volta Redonda	0,596
Campos de Goytacazes	0,474
Santo Antônio de Pádua	0,115
Macaé	0,096
Itaperuna	0,038
Angra dos Reis	0,020
Miracema	0,010
Cabo Frio	0,003
São José de Meriti	0,000

FIGURA 2

Funções de Utilidade dos Critérios



6 CONCLUSÕES

Empregaram-se neste artigo dois métodos de apoio à decisão na determinação do valor global das alternativas e das funções de utilidade dos critérios: o método UTA, na sua formulação matemática original, e uma variante do méto-

do UTA, que foi empregado conjuntamente com o método Macbeth para a determinação da faixa de variação da importância dos critérios obtidos por meio dos julgamentos das preferências dos decisores.

Os resultados obtidos foram comparados com os fornecidos pelo método UTA original. Embora a ordenação final das alternativas seja a mesma, os valores da utilidade global e as funções de utilidades foram diferentes. Os valores obtidos pela variante aqui proposta foram considerados como uma melhor descrição da realidade pelos decisores.

No caso estudado neste artigo, alguns resultados foram, à primeira vista, surpreendentes. Em especial, o fato de Cabo Frio ter apresentado uma utilidade global menor que Miracema. A surpresa deve-se a que a permanência da UFF em Miracema é muito inconstante, com vários boatos (nunca confirmados) de que essa presença iria ser encerrada. No entanto, o tempo de atuação da UFF em Miracema é muito maior que em Cabo Frio, o que acaba por justificar o resultado apresentado, por ter estabelecido tradição no local.

Por meio das utilidades globais das alternativas, identificam-se as classes de atuação na interiorização da UFF. Niterói, por si só, constitui uma classe. Volta Redonda e Campos dos Goytacazes apresentam-se como a segunda classe, seguidos de Santo Antônio de Pádua e Macaé. Os demais municípios constituem a quarta e última classe.

Por fim, as funções de utilidade obtidas pela variante do método UTA aqui proposta (que considera os pesos dos critérios), são mais coerentes com as preferências dos decisores, já que os pesos não podem variar “livremente”, refletindo de forma mais realista a importância que o decisor atribui a cada critério. A inclusão de novas restrições ao modelo matemático que descreve o método UTA reduz, assim, o conjunto de soluções viáveis do problema.

Este estudo de caso foi realizado visando duas vertentes, uma acadêmica, aplicação de modelos matemáticos desenvolvidos nas pesquisas realizadas durante o curso de doutorado e uma outra prática, um caso real, que auxiliasse a UFF nesse processo de avaliação quantitativa de sua política de interiorização dos cursos de graduação, por meio da ordenação dos municípios com maior presença da UFF.

Os métodos empregados, UTA e Macbeth, possuem determinadas características na sua aplicação e, separadamente, os decisores não foram capazes de fornecer informações para a implementação dos métodos, ordenar um conjunto de alternativas na implementação do método UTA e oferecer os pesos exatos dentro da faixa fornecida pelo método Macbeth. Já o emprego dos métodos conjugados facilitou a obtenção dessas informações para os decisores, tornando mais clara a análise do problema.

Em relação à implementação dos dados com o objetivo de avaliar a intensidade desse processo de interiorização da UFF, por meio da obtenção da ordenação dos municípios onde a universidade oferece cursos de graduação, verificou-se que as principais alternativas, Niterói, Volta Redonda e Campos dos Goytacazes, apresentaram resultados coerentes com as expectativas dos decisores, outras alternativas não. O fato de Cabo Frio apresentar uma utilidade global menor do que a de Miracema. Verificou-se que o tempo de presença da UFF nos municípios é a explicação desta inversão na ordenação.

Por meio dos critérios selecionados, no sentido de descrever o problema da melhor maneira possível, verificou-se que para melhorar o desempenho global de uma alternativa, como, por exemplo, Angra dos Reis, é necessário melhorar a regularidade de acesso, o corpo docente e as instalações, servindo de informação e base para a universidade.

Tem-se que ressaltar ainda que esse primeiro estudo realizado é um ponto de partida e que outros enfoques podem ser feitos, contemplando outros critérios não considerados nesta análise, como atividade de pós-graduação e financeiro, entre outros aspectos da vida universitária. Outros fatores podem ser considerados, como a demanda por um novo curso e se uma outra instituição está presente nessa cidade.

Portanto, esse sistema de avaliação realizada, e a avaliação contínua da universidade, ao nosso ver, irão fornecer subsídios para a UFF, no sentido de melhorar a sua atuação nesse processo de interiorização.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.; ATHANASSOPOULOS, A.; DYSON, R.G. Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. *Annals of Operations Research*, n. 73, p. 13-34, 1997.
- BANA E COSTA, C.A.; VANSNICK, J.C. Thoughts on a theoretical framework for measuring attractiveness by categorical based evaluation technique (MACBETH). In: Clímaco, J. (ed.), *Multicriteria Analysis*, Berlin: Springer-Verlag, 1997.
- BANA E COSTA, C.A.; VANSNICK, J.C. Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. *Investigação Operacional*, n. 15, p. 15-35, 1995.
- BARBA-ROMERO, S.; POMEROL, J.C. Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos e utilización práctica. *Colección de Economía*, Universidad de Alcalá, 1997.
- COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications*. USA: References and DEA-Solver Software. Kluwer Academic Publishers, 2000.

- DIAS, L.M.C.; ALMEIDA, L.M.A.T.; CLÍMACO, J.C.N. *Apoio multicritério à decisão*. Portugal: Universidade de Coimbra, Faculdade de Economia, 1998.
- GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; BIONDI, L.N.; GONÇALVES, D.A. Decisões com múltiplos critérios: conceitos básicos e o método Macbeth, *Administração & Sociedade*, n. 3, 2000.
- LINS, M.P.E.; ANGULO-MEZA, L.; *Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão*. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ, 2000.
- RANGEL, L.A.D.; GOMES, L.F.A.M. Avaliação de candidatos ao curso de Engenharia de Produção de Volta Redonda da UFF: um quadro de referência multicritério. Campos do Jordão, São Paulo: *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – XXXIII SBPO*, nov. 2001.
- ROY, B.; BOUYSSOU, D. Aide multicritère à la décision: méthodes et cas, *Economica*, Paris, 1993.
- SAATY, T.L., *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; LINS, M.P.E.; SOARES DE MELLO, M.H.C.; GOMES, E.G. Evaluating the performance of calculus classes using operational research tools, *European Journal of Engineering Education*, n. 2, p. 27, 2002.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; LINS, M.P.E.; VIEIRA, L.A.M. Um caso de estudo da integração SIG-DEA-MCDA: a influência de uma instituição de ensino superior em vários municípios do estado do Rio de Janeiro, *Investigação Operacional*, n. 2, p. 21, 2001.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, M.H.C.; LINS, M.P.E. Uso do método MACBETH na quantificação da presença da Universidade Federal Fluminense em vários municípios, Rio de Janeiro: *Anais do IV Simpósio de pesquisa Operacional e V Simpósio de Logística da Marinha – SPOLM 2001*, dez. 2001.

TRAMITAÇÃO

Recebido em 01/08/2002

Aprovado em 19/09/2002