

Avaliação da interiorização dos cursos da Universidade Federal Fluminense com o uso conjugado dos métodos UTA e MACBETH

Luís Alberto Duncan Rangel * João Carlos Correia Baptista Soares de Mello †
Eliane Gonçalves Gomes ‡ Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes §

* Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica – Universidade Federal Fluminense – Brasil
duncanuff@hotmail.com

† Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense – Brasil
jcsmello@bol.com.br

‡ Embrapa Monitoramento por Satélite – Brasil
eliane@cnpm.embrapa.br

§ Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais – Faculdades Ibmecc – Brasil
autran@ibmecrj.br

Abstract

Universidade Federal Fluminense (UFF) was created in the Municipality of Niterói (State of Rio de Janeiro, Brazil). UFF has been going through a process of covering a considerable part of the hinterland of the State of Rio de Janeiro in recent years, which is a result from a policy towards decentralizing higher education. This paper describes that process, as well as the various activities conducted by UFF in different municipalities of the State. A multicriteria evaluation of the impact of UFF on each of these municipalities is performed. The evaluation relies on combining the MACBETH and the UTA methods.

Resumo

A Universidade Federal Fluminense (UFF) foi criada no município de Niterói (Estado do Rio de Janeiro, Brasil) e vem passando por um processo de interiorização particularmente intenso nos últimos anos, resultado de uma política de descentralização do ensino superior. Este artigo descreve este processo de interiorização e as diversas actividades realizadas nos municípios com presença desta instituição. Além disso, faz uma avaliação multicritério de como a presença e/ou visibilidade da UFF é sentida em cada município. Duas metodologias do Apoio Multicritério à Decisão (MACBETH e UTA) são empregadas na avaliação da interiorização no que diz respeito ao impacto em cada município. A

metodologia MACBETH é usada para transformar a avaliação qualitativa de cada critério (na qual dois dos autores atuam como decisores) 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 obtidas pelo método MACBETH são usadas como restrições adicionais para o método UTA, de modo a reduzir o conjunto de soluções ótimas.

Keywords: Multicriteria Decision Aid – MACBETH – Multiattribute Utility Theory

Title: Evaluation of a Brazilian University Strategy Aided by the Joint Utilization of UTA and MACBETH

1 Introdução

A Universidade Federal Fluminense (UFF) é uma instituição de ensino superior com sede na cidade de Niterói (Estado do Rio de Janeiro, Brasil). Está a passar por um processo de interiorização, presente desde a sua fundação, mas particularmente intenso nos últimos anos, resultado de uma política de descentralização do ensino superior. A interiorização visa atender à procura 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 actua, foi desenvolvida uma variante para o método UTA, que incorpora informações obtidas do método MACBETH, de forma a melhor reflectir as preferências dos decisores. O uso dos dois métodos é justificado pela dificuldade dos decisores em concordarem com os coeficientes de ponderação para cada critério, e pela impossibilidade de ordenar um subconjunto suficientemente grande de alternativas. Os dois métodos, usados em conjunto, permitem que as informações relativas à ordenação e à faixa de variação dos pesos complementem-se para produzir o resultado final.

Na avaliação multicritério, actuaram como decisores dois dos autores que são professores desta instituição, com amplo conhecimento de sua actuação 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 secção seguinte descreve-se os fundamentos do método UTA. Na secção 3 são abordadas as modificações no método UTA, além da descrição do método MACBETH. A secção 4 descreve o caso de estudo e sua estruturação. A implementação do método UTA com restrições aos pesos e seus resultados são apresentados na secção 5. Seguem-se as conclusões e as referências bibliográficas.

2 O método UTA

O Método UTA (*Utilité Aditive*) é um método desenvolvido no âmbito do Apoio Multicritério à Decisão. Foi proposto por Jacquet-Lagrange e Siskos em 1982. Este método faz a ordenação

completa de um conjunto discreto de alternativas, a partir da ordenação de um subconjunto próprio do conjunto original. Para tal, usa um problema de programação linear (PPL) para estimar as funções de utilidade aditiva não lineares de cada critério presente na análise e a determinar o valor global de todas as alternativas. O método é vantajoso quando o decisor tem dificuldade na atribuição de pesos aos critérios, mas consegue avaliar algumas alternativas como um todo. Apresenta como desvantagem o facto de a solução do PPL conduzir frequentemente a múltiplas soluções óptimas.

Além da ordenação de um subconjunto das alternativas é necessário conhecer a matriz de decisão, para que o método UTA possa ser aplicado. Este método assume as bases axiomáticas da Teoria de Utilidade Multiatributo (Keeney e Raiffa, 1976).

O problema de regressão ordinal tratado pelo Método UTA (Jacquet-Legreze e Siskos, 1982) é assim expresso: “Dada uma estrutura preferência de ordem fraca (ϕ, \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”. Nesta definição, os símbolos ϕ 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 expressões (1a) e (1b) de (1), nas quais um critério i define no conjunto A' uma relação binária de pré-ordem (ϕ, \sim) ; $g_i(a)$ e $g_i(b)$ representam os desempenhos das alternativas a e b , respectivamente, em relação ao critério i , (a ser maximizado) (Barba-Romero e Pomerol, 1997). Se o critério for de minimização deve-se inverter a desigualdade do segundo membro da expressão (1a).

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

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 é o número de critérios e g_i é 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 $g(a) = [g_1(a), g_2(a), g_3(a), \dots, g_n(a)]$ 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, 1976).

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

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).

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

Ao considerarem-se as relações de preferência e de indiferença (relações (2)), e a função de utilidade (3), obtêm-se as relações (5). δ é um número real estritamente positivo, tão pequeno quanto se queira, e tem a finalidade 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.

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

O Método UTA utiliza um modelo matemático representado através de um Problema de Programação Linear (PPL) que, além das restrições apresentadas em (6), considera as restrições de não negatividade das variáveis, monotonicidade *lata* das funções de utilidade e duas restrições de normalização (os valores mínimos de cada variável são iguais a zero e $\sum_{i=1}^n u_i (g_i^*) = 1$). A função objectivo minimiza a soma dos valores absolutos 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 cujos módulos devem ter a soma minimizada.

O modelo matemático, PPL1, é apresentado em (7). Este modelo descreve o Método UTA na sua formulação original. Nesta formulação $u_i [g_i(a)]$ e $\sigma(a)$ 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 valor absoluto do 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 $u_i (g_i^*)$ 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 .

$$\begin{aligned} \text{Min } F &= \sum_{a \in A'} \sigma(a) \\ \text{sa} \\ \forall a, b \in A'^2, a P^* b &\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \{u_i [g_i(a)] - u_i [g_i(b)]\} + \sigma(a) - \sigma(b) \geq \delta \\ \forall a, b \in A'^2, a I^* b &\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \{u_i [g_i(a)] - u_i [g_i(b)]\} + \sigma(a) - \sigma(b) = 0 \\ u_i (g_i^{j+1}) - u_i (g_i^j) &\geq s_i, \forall i, j \\ \sum_{i=1}^n u_i (g_i^*) &= 1 \\ u_i (g_{i*}) &= 0, \forall i \\ u_i (g_i^j) &\geq 0, \forall i, j \\ \sigma(a) &\geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Se o valor da função objectivo for igual a zero, isto 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.

Na grande maioria dos casos, o modelo (7) apresenta uma infinidade de soluções óptimas. Ou seja, vários valores das variáveis de decisão conduzem a um valor nulo da função objectivo. Ora, estes valores fornecem os pesos de cada critério que ficam, portanto, indeterminados. Assim, o cálculo da solução óptima F^* , não significa o final da execução do método UTA. É necessário um procedimento adicional para decidir qual das soluções óptimas deve ser escolhida. Este é um procedimento de pós-otimização, que restringe a busca de soluções a uma nova região viável, representada por um novo poliedro, estritamente contido no poliedro original. Esta busca é feita através de novos PPLs, que apresentam as mesmas restrições do PPL1 (apresentado em (7)), acrescido de 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 fracção 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 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 calcula as médias dos valores das variáveis que definem a função de utilidade em cada critério. São corridas $2n$ implementações, sendo n o número de critérios do problema. Com os valores médios calculados para estas variáveis é possível avaliar o valor global de todas as alternativas $a \in A$ e a função de utilidade de cada critério.

A descrição acima é do método UTA original. Várias alterações ao método, e métodos com a mesma filosofia mas técnicas diferentes, têm sido propostas. Entre eles podem-se citar UTASTAR (Siskos e Yannacopoulos, 1985), MINORA (Siskos et al., 1993) e MIIDAS (Siskos et al., 1999).

No método UTASTAR, duas modificações foram implementadas. A primeira utiliza um menor número de variáveis, obtidas através de transformações que fazem com que a utilidade marginal de um determinado ponto definido para um critério seja obtida através da soma das diferenças das utilidades dos pontos que o antecedem. Este procedimento reduz o conjunto a uma variável para cada critério presente na análise. A segunda modificação refere-se à avaliação do valor global das alternativas. São associadas duas variáveis, uma que supervaloriza e outra que subvaloriza o valor da avaliação, de modo a obter a mesma ordenação, a priori, das alternativas proposta pelos decisores.

Jacquet-Lagrèze e Siskos (2001) descrevem diversas variantes do método UTA. Cada variante incorpora diferentes formas da preferência global ou diferentes formas do critério de optimização usado na formulação do PPL. Uma análise comparativa entre os diversos métodos UTA é feita por Beuthe e Scannella (2001).

Nos desenvolvimentos deste artigo, são propostas alterações directamente ao método UTA na sua formulação original (Jacquet-Lagrèze e Siskos, 1982).

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. A escolha de uma das soluções pelo processo de pós-otimização pode acarretar em uma valorização extrema de um determinado critério em detrimento de outros, situação que pode não ser bem aceite pelos decisores.

Aqui encontram-se semelhanças com situações ocorridas em problemas abordados pela Análise Envoltória de Dados (Cooper et al., 2000), quando algumas 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). Pretendem-se usar ideias semelhantes para restringir a flexibilidade de pesos no método UTA, de tal modo que os pesos calculados representem as opiniões do decisor.

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

Muitos métodos do AMD propõem-se a tratar desta dificuldade, podendo citar entre outros o método AHP (Saaty, 1980) e o método MACBETH (Bana e Costa e Vansnick, 1995, Bana e Costa e Oliveira, 2002, Bana e Costa et al., 2002, 2001).

O método MACBETH, embora sugira um valor para os pesos, permite aos decisores, ao contrário do método AHP, escolhe-los dentro de uma faixa de variação. Tal propriedade torna-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) [24] propõem o uso do método MACBETH para restringir os pesos no modelo DEA. Este artigo apresenta uma variação desta técnica para reduzir a ampla margem de variação dos pesos no método UTA. Gera-se 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) e por Rangel (2002).

Como são solicitadas informações de dois tipos diferentes ao decisor (ordenação de alternativas e julgamentos de valor sobre os pesos) pode ocorrer que haja incoerência entre as duas. Por outro lado, como o conjunto a ser ordenado pode ser menor, diminui-se a possibilidade de inconsistência decorrentes apenas da ordenação. Em qualquer dos casos, haverá necessidade de um diálogo entre analista e decisor, num processo de aprendizado mútuo, para compreender e sanar a incoerência. Já se a incoerência for apenas nos julgamentos de valor relativos aos pesos, o próprio MACBETH sugere caminhos para tornar os julgamentos coerentes.

3.1 O Método MACBETH

3.1.1 Aspectos gerais

O método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) auxilia na resolução de duas questões essenciais (Soares de Mello et al., 2002) [23]:

- Para cada critério, determinar uma função que a cada alternativa faça corresponder um número real. Esta função deve atribuir números maiores a alternativas com maior atractividade, de tal forma que a maiores diferenças de atractividade correspondam maiores diferenças no número real correspondente. É assim construída uma escala cardinal de valores. Se o valor nulo for atribuído a uma alternativa com atractividade zero, obtém-se uma escala cardinal *ratio*, ou de razões.

Em alguns casos existe uma forma natural atribuir valores sendo custo de uma mercadoria o exemplo clássico. Em outros casos a avaliação é qualitativa, sendo necessário transforma-la em quantitativa. Mesmo no caso em que há uma forma natural de atribuir valores, pode ser desejável o uso do MACBETH: é o caso em que a atractividade de uma alternativa não guarda relação de proporcionalidade com o valor atribuído pela escala usada.

- Tendo os valores de cada alternativa relativos a cada critério, é necessário agrega-los em um valor de síntese através de uma soma ponderada. O problema consiste na atribuição de coeficientes de ponderação aos vários critérios, respeitando as opiniões dos decisores. Note-se que, embora os coeficientes de ponderação sejam, tecnicamente, coeficientes de escala, a expressão “pesos” é normalmente usada para designa-los.

Para o problema de construção da escala cardinal é usado o módulo *scores* do programa MACBETH. No método MACBETH, quando ao decisor forem solicitados julgamentos de valor sobre as acções potenciais (alternativas) em uma determinada situação, ele o fará em termos da atractividade que sente por esta alternativa. Esta tarefa é definida (Bana e Costa & Vansnick, 1995) como a construção de uma função critério v_j , tal que:

- para $a, b \in A$, $v(a) > v(b)$ se e somente se para o avaliador a é mais atractiva (localmente) que b ($a P b$);
- qualquer diferença positiva $v(a) > v(b)$ representa numericamente a *diferença de valor* entre a e b , com $a P b$ sempre em termos de um ponto de vista fundamental j (PVF_j), ou critério j .

Assim, para $a, b, c, d \in A$ com a mais atractiva que b e c mais atractiva que d , se verifica que $v(a) - v(b) > v(c) - v(d)$ se e somente se “a diferença de atractividade entre a e b é maior que a diferença de atractividade entre c e d ”.

A questão fundamental nesta 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 atractiva que b , a diferença de atractividade entre a e b é “indiferente”, “muito fraca”, “fraca”, “moderada”, “forte”, “muito forte” ou “extrema”.

É introduzida uma escala semântica formada por categorias de diferença de atractividade, com o objectivo de facilitar a interacção entre o decisor e o analista. O decisor deverá escolher uma, e somente uma, entre as categorias apresentadas.

Se por um lado, o método MACBETH introduz um intervalo da recta real associado a cada uma das categorias, por outro lado, este intervalo não é fixado *a priori*, sendo determinado simultaneamente com a escala numérica de valor v que está sendo procurada.

Assim, este método liga-se ao problema teórico de representação numérica de semi-ordens múltiplas por limiares constantes de Doignon (1987), representado por m relações binárias ($P^{(1)}, P^{(2)}, \dots, P^{(k)}, \dots, P^{(m)}$), onde $P^{(k)}$ representa a relação de preferência tanto mais forte quanto maior é k , dado um critério j .

As preferências são representadas por uma função v e por funções limiares s_k : $a P^{(k)} b$, $s_k < v(a) - v(b) < s_{k+1}$, ou seja, é possível representar numericamente categorias semânticas de diferença de atractividade através de um intervalo de números reais.

Não há restrição ao número de categorias semânticas a ser utilizado. No entanto, uma pessoa é capaz de avaliar, simultaneamente, um número limitado de classes quando da expressão de um juízo absoluto de valor, sendo algo em torno de sete factores.

No MACBETH, a expressão dos julgamentos do decisor é feita por uma escala semântica formada por seis categorias, de dimensão não necessariamente igual:

- C_1 diferença de atractividade muito fraca $\rightarrow C_1 = [s_1, s_2]$ e $s_1 = 0$
- C_2 diferença de atractividade fraca $\rightarrow C_2 =]s_2, s_3]$
- C_3 diferença de atractividade moderada $\rightarrow C_3 =]s_3, s_4]$
- C_4 diferença de atractividade forte $\rightarrow C_4 =]s_4, s_5]$
- C_5 diferença de atractividade muito forte $\rightarrow C_5 =]s_5, s_6]$
- C_6 diferença de atractividade extrema $\rightarrow C_6 =]s_6, +[$

As categorias são delimitadas por limiares constantes s_1, \dots, s_6 , determinados simultaneamente à obtenção da escala de valor v .

3.1.2 Matriz de juízos de valor

Para facilitar a expressão dos julgamentos absolutos de diferença de atractividade entre os pares de alternativas é útil a construção de matrizes de juízos de valor. A Figura 1 mostra a matriz triangular superior construída para cada critério, na qual se supõe que $A = \{a_n, a_{n-1}, \dots, a_1\}$ é o conjunto de n alternativas a avaliar, e que estas estão ordenadas por ordem decrescente de atractividade $a_n P a_{n-1} P \dots P a_1$, não existindo indiferença em nenhum caso para este critério.

Cada elemento $x_{i,j}$ da matriz toma o valor k ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) se o decisor julgar que a diferença de atractividade do par (a_i, a_j) pertence à categoria C_k . Estes números não têm significado matemático; servem apenas como indicadores semânticos de qual categoria de diferença de atractividade foi atribuída ao par respectivo.

	a_n	a_{n-1}	...	...	a_2	a_1
a_n		$X_{n,n-1}$	...	...	$X_{n,2}$	$X_{n,1}$
a_{n-1}$			...	...	X_{n-1,2}$	$X_{n-1,1}$
...			
...				
a_2						$X_{2,1}$
a_1						

Figura 1: Matriz de juízos de valor para avaliação local das acções.

3.1.3 Inconsistência nos julgamentos de valor

Nos casos em que as matrizes de valor são grandes, a avaliação de todas as alternativas de maneira coerente torna-se difícil. Nestes casos, é comum o aparecimento de inconsistências nos julgamentos de valor do decisor.

Há dois tipos de inconsistências: semântica (quando a atribuição de categoria de diferença de atractividade a um par de alternativas não é logicamente aceitável) e cardinal (se a representação dos julgamentos não é possível através de uma escala cardinal dentro dos números reais). O estudo detalhado das inconsistências está fora do escopo deste artigo, e pode ser encontrado em Corrêa (1996) e Soares de Mello et al. (2002) [23]. É suficiente referir que o método possui testes de inconsistência cujo uso em casos reais faz com que os decisores refaçam seus juízos de valor quando envolvidos em alguma situação de inconsistência.

3.1.4 Formulação matemática

Matematicamente, o método MACBETH é constituído por quatro PPLs sequenciais que realizam a análise de consistência cardinal, a construção da escala de valor cardinal e revelam fontes de inconsistência. Os primeiro, terceiro e quarto problemas destinam-se a verificar a existência de inconsistências e sugerir a sua solução. O 2º PPL é responsável pela construção da escala de valor cardinal que representa o conjunto de julgamentos do decisor. A formulação desses PPLs pode ser encontrada em Bana e Costa e Vansnick (1995) e Corrêa (1996).

3.1.5 Pesos para os critérios

Para o segundo problema apontado (atribuição de coeficientes de ponderação 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 directamente, o MACBETH faz a comparação de forma indirecta, ao considerar alternativas fictícias que representam cada um dos critérios. A alternativa fictícia a_i representa o critério j quando apresenta a maior atractividade em j e a pior em todos os outros critérios. É ainda introduzida uma outra alternativa, correspondente a um critério artificial, com a pior avaliação 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 exaustividade (Roy e Bouyssou, 1993). Através da comparação da atractividade das alternativas são atribuídos os pesos aos critérios

(e a faixa de variação). Os PPLs são semelhantes aos anteriores, exceptuando-se a restrição de normalização.

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

No método UTA original a variação dos pesos é limitada apenas pela ordenação de A' . Não existe na formulação matemática qualquer restrição explícita aos pesos dos critérios, que têm assim uma ampla faixa de variação. Para que os valores encontrados estejam de acordo com as preferências dos decisores, dois limites são impostos ao modelo: um limite superior e um inferior. Esses valores limites são respeitados pelos modelos através de novas restrições que são incorporadas aos PPLs citados, gerando novos modelos.

Em vez de impor limites totalmente arbitrários, pode-se usar a propriedade de o problema da representação numérica de semi-ordens por limiares constantes admitir soluções múltiplas. Assim, embora o MACBETH sugira um valor para cada peso, na verdade ele fornece um intervalo real dentro do qual deve estar o valor do peso. Sejam w_i^+ e w_i^- os limites superior e inferior do peso do critério i calculados pelo MACBETH a partir dos julgamentos dos decisores. As restrições (10a) e (10b) incorporam essa informação e, quando adicionadas ao modelo matemático PPL1, um novo modelo é obtido, o PPL1', que possui a mesma função objectivo do PPL1. Como no método UTA original, a solução do PPL1' ainda não é a solução final; é necessário proceder à análise de pós-optimização a fim de determinar os valores médios das variáveis. Estes valores são obtidos através das implementações dos PPL2' (Min) e PPL3' (Max), similares aos da análise de pós-optimização do método UTA, acrescidos das restrições (9). Nestas formulações $u_i(g_i^{*-})$ e $u_i(g_i^{*+})$ são, o menor e o maior valor que o máximo de cada critério pode assumir.

$$\begin{aligned} u_i(g_i^{*-}) &\geq w_i^- & (10a) \\ u_i(g_i^{*+}) &\leq w_i^+ & (10b) \end{aligned} \tag{9}$$

A variante do método UTA é descrita matematicamente através dos PPL1', PPL2' e PPL3'. O conjunto de soluções obtidas através das implementações desses PPLs 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 Caso de estudo

O método UTA modificado será aplicado na avaliação da interiorização dos cursos de graduação da Universidade Federal Fluminense (UFF). O objectivo é ordenar os municípios em função da maior presença dos cursos da UFF. Uma avaliação que considera a presença total da UFF (ensino e extensão) foi apresentada por Soares de Mello et al. (2002) [23].

A necessidade de avaliações quantitativas da interiorização da UFF começou a surgir em 1997 quando o exame de ingresso para os seus cursos (concurso vestibular) passou a ser realizado em várias cidades do estado do Rio de Janeiro. Uma agressiva política de expansão do vestibular e, portanto, da imagem da Universidade, foi levada a cabo nesta época, inicial-

mente sob a coordenação de um dos autores. A execução dessa política exigia o progressivo aumento do número de cidades onde era possível um aluno inscrever-se no vestibular e prestar os exames. Os primeiros passos desta política foram dados em direcções por demais evidentes: os alvos eram as cidades onde a UFF já oferecia cursos de graduação, e os grandes centros regionais. No entanto, logo ficou patente a vantagem de dispor de uma ferramenta quantitativa que apoiasse a decisão das futuras expansões. Um primeiro modelo foi proposto por Soares de Mello et al. (2001). A análise desse modelo mostrou a necessidade de avaliações complementares, envolvendo outras vertentes de actuação académica. O estudo a seguir apresentado é uma contribuição nesse sentido.

4.1 Universidade Federal Fluminense e o processo de interiorização

A UFF foi criada em Dezembro de 1960 a partir da fusão de várias faculdades isoladas do município de Niterói, RJ, onde é sua sede. O processo de interiorização começou ainda antes da sua efectiva criação. Em 1951 tinha sido criada a Escola Fluminense de Engenharia em Niterói, que viria a ser parte integrante da UFF. Além dos tradicionais cursos de Engenharia Civil, Eléctrica e Mecânica, a direcção da Escola iniciou estudos para a criação do curso de Engenharia Metalúrgica na cidade de Volta Redonda, sede da Companhia Siderúrgica Nacional (Cantanhede, 2002). O curso foi criado em Julho de 1961.

Em 1962, foi criado o curso de Serviço Social em Campos dos Goytacazes, que passou a contar com sede própria em 1975.

No final da década de 1960 e início da de 1970 a UFF realizou uma expansão não ligada ao ensino de graduação: incorporou colégio técnicos agrícolas no estado do Rio de Janeiro (em Bom Jesus do Itabapoana e Pinheiral) e uma unidade avançada no estado do Pará (Souza, 2001).

A partir de 1984, através de um convénio com a Prefeitura de Santo António de Pádua, a UFF começou um projecto de interiorização de cursos de graduação, tendo estabelecido um curso de licenciatura em Matemática nesta cidade. A criação deste curso só foi possível graças a um novo modelo de parcerias, onde a UFF entrava com a estrutura académica, o quadro docente e administrativo. A iniciativa privada entrava com as instalações físicas e o poder municipal custeava despesas de hospedagem dos docentes, oriundos de outras cidades.

Esta experiência serviu de inspiração para a implantação, no início da década de 1990, de outros cursos em várias cidades. Foi usado um modelo de colaboração com as prefeituras, onde estas eram responsáveis pelo pagamento da complementação salarial dos professores e pela disponibilização de instalações. A UFF é responsável pela estrutura académica e pela aquisição de alguns equipamentos complementares, como laboratórios de informática e bibliotecas. Os cursos com maior número de experiências de interiorização foram Administração (Itaperuna e Macaé) e Ciências Contábeis (Miracema e Macaé), com a particularidade de terem currículos idênticos aos de Niterói. Houve também a implantação de Pedagogia em Angra dos Reis com modelo administrativo semelhante aos anteriores, mas com modelo académico experimental. Uma segunda fase de interiorização ocorreu a partir do final da década de 1990. O curso de Ciências Contábeis criou novas turmas na cidade praiana de Cabo Frio e em São João de Meriti, município da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, nos mesmos moldes das já existentes em Macaé e Miracema. Em 2002, o curso de Direito, inaugurou uma turma em

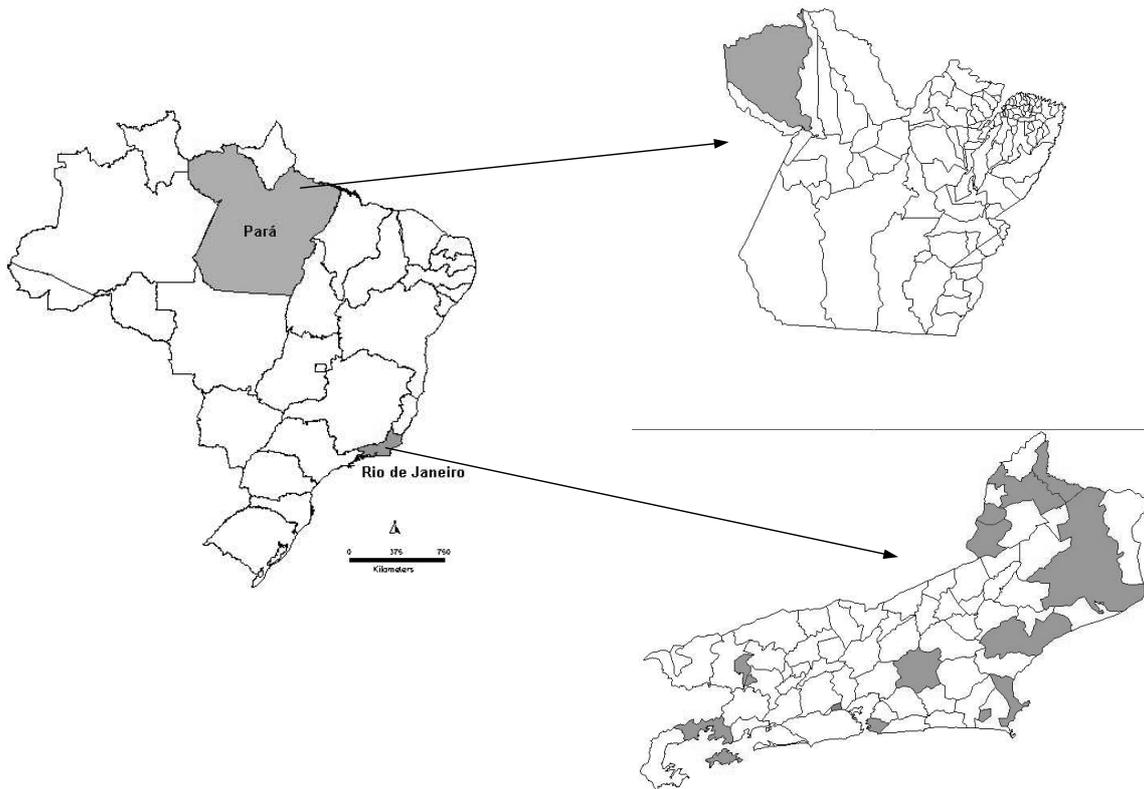


Figura 2: Distribuição espacial da presença da UFF.

Macaé, em convênio com o governo estadual (Vaz et al., 2002).

Ainda nesta nova fase de interiorização, a escola de Volta Redonda, como reacção ao baixo número de alunos, busca várias formas de aumentar as suas actividades. No início da década de 90 implantou um curso de Mestrado em Engenharia Metalúrgica. Este curso constituiu-se na primeira experiência de pós-graduação *stricto sensu* que a UFF realiza fora de Niterói. Logo em seguida, foi instituído um MBA, e o ciclo de expansão da pós-graduação em Volta Redonda continua com a criação do Doutorado em Engenharia Metalúrgica. Na graduação, houve a criação do ciclo básico em 1997 (até então o básico era cursado em Niterói), com o vestibular específico para o curso de Metalurgia (Soares de Mello & Soares de Mello, 2000). A criação do ciclo básico gera condições para aproveitar a alta industrialização da região e iniciar os cursos de Engenharia Mecânica e de Produção.

A UFF conta ainda com duas fazendas escola em Cachoeiras de Macacu e Iguaba Grande, com pouca actividade. A Figura 2 mostra a distribuição espacial da presença da UFF.

4.2 Estruturação do problema: definição de alternativas e critérios

Neste 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 objectivo 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 objectivo de analisar a intensidade da actuação da UFF nos municípios escolhidos, foram seleccionados factores que formam uma família coerente de critérios, no sentido em que descrevem o problema o melhor possível, são coerentes e não redundantes. Os critérios adoptados foram:

- Número de cursos: este critério avalia a quantidade de cursos no município analisado. Não são feitas considerações subjectivas sobre interesse ou qualidade dos cursos.
- Regularidade do acesso: aqui verifica-se 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. Este 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 5 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.
- Instalações: é avaliado se as actividades 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 deste critério subjectivo é feita através do MACBETH.
- Corpo docente: neste critério considera-se a existência de professores lotados especificamente e de forma permanente para actividades 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.

A Tabela 1 mostra a matriz de avaliação para o problema.

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 $A' = \{\text{Niterói, Volta Redonda, Campos dos Goytacazes, Santo António de Pádua, Angra dos Reis, São João de Meriti}\}$ e a ordenação é aquela em que as alternativas foram escritas no conjunto, sendo Niterói a mais preferida e São João de Meriti a pior.

Os decisores fizeram, ainda, julgamentos de valor sobre os critérios, que forneceram os limites de variação para os pesos. A Figura 3 mostra a tela do MACBETH usada para estabelecer os limites aos pesos.

Após uma primeira implementação, na qual s_i foi definido como nulo, os valores apresentados pelo modelo não foram satisfatórios por apresentarem alguns resultados inaceitáveis pelos

Tabela 1: Matriz de avaliação.

Alternativas (Municípios)	Critérios				
	C1-CUR	C2-REG	C3-ANO	C4-INS	C5-DOC
	Quantidade de Cursos	Regularidade (%)	Anos de Presença	Instalação	Corpo Docente
Angra dos Reis	1	60	11	10,5	30,8
Cabo Frio	1	50	3	10,5	30,8
Campos dos 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	30,8
Niterói	44	91	51	100,0	100
São João de Meriti	1	50	1	10,5	30,8
Santo António de Pádua	1	90	19	26,3	53,8
Volta Redonda	3	100	42	68,4	76,9

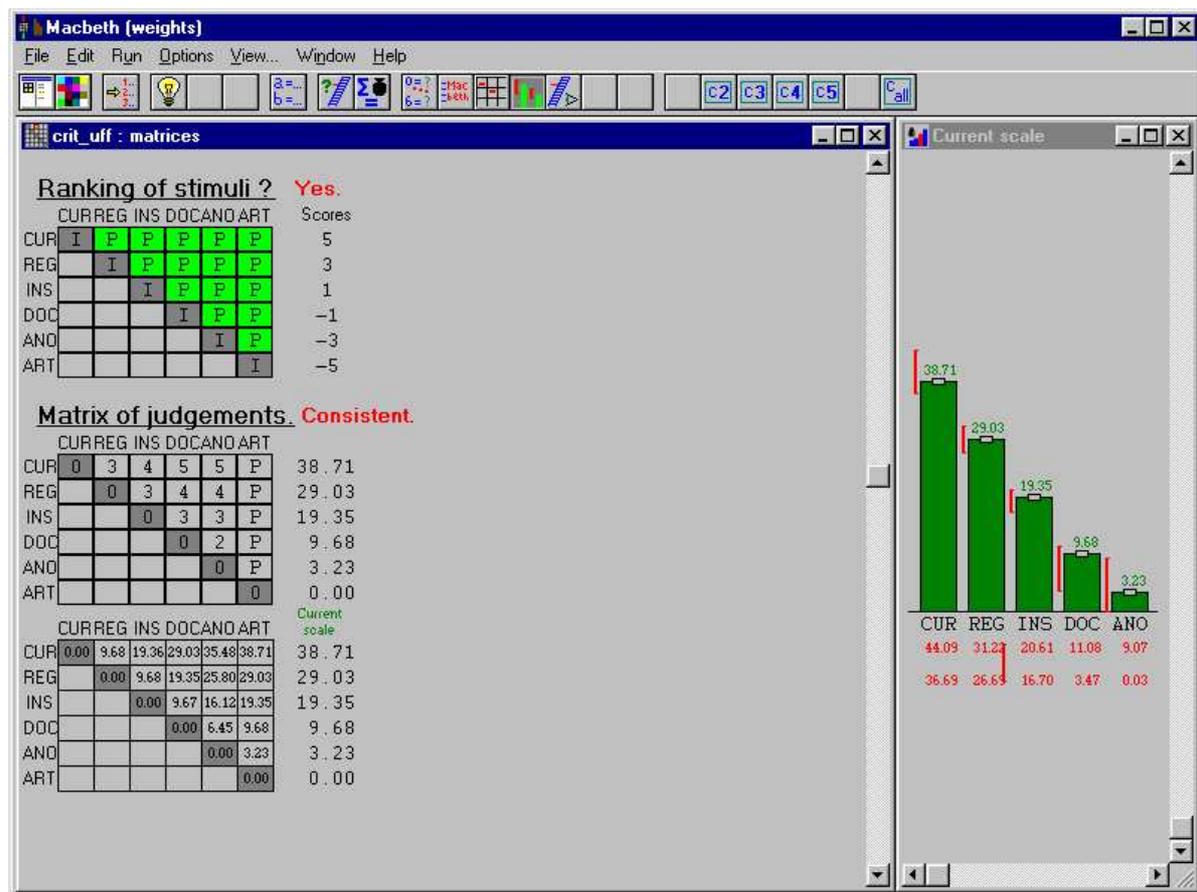


Figura 3: Tela do MACBETH para estabelecimento dos limites aos pesos dos critérios.

Tabela 2: Parâmetros definidos para a implementação da variante do método UTA.

Critério	Parâmetros			
	Valor (Mínimo) (g_{i*})	Valor (Máximo) (g_i^*)	α	s_i
C1 – CUR Quantidade de Cursos	1	44	6	0,01
C2 – REG Regularidade (%)	50	100	6	0,01
C3 – ANO Anos de Presença	1	51	6	0,01
C4 – INS Instalação	10,5	100	6	0,01
C5 – DOC Corpo Docente	30,8	100	6	0,01

decisores. Em especial as alternativas Macaé e Miracema apareciam com a mesma utilidade total, o que não fazia sentido.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros definidos pelos decisores e que foram usados na 2ª implementação dos modelos (9) e (9). Nesta tabela α representa o número de pontos em que as funções de utilidades serão definidas e s_i assumiu o valor de 0,01, o que obriga que as funções de utilidades sejam estritamente monótonas. A ordenação apresentada por este novo modelo foi considerada satisfatória.

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 4 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.

As diferenças nas funções utilidade observadas na Figura 4 evidenciam algumas das vantagens do método UTA modificado. Em especial a função utilidade para o critério “quantidade de cursos” apresenta um comportamento bem mais realista quando são incorporadas as restrições aos pesos. Sem essas restrições, a utilidade de qualquer número pequeno de cursos é quase zero, havendo um brusco aumento de utilidade quando se passa dos 3 cursos de Macaé e Volta Redonda para os vários de Niterói. Claramente isso não corresponde à percepção dos habitantes locais. A criação do primeiro curso numa cidade tem um impacto enorme e não pode ter uma utilidade quase nula. A criação de eventuais segundos e terceiros cursos já não desperta tanto entusiasmo e, por isso, é natural que haja um patamar de utilidade quase constante nessa faixa. Quando o número de cursos cresce muito, passa a haver a presença de toda a estrutura universitária, o que gera uma utilidade bem maior. O comportamento que acabou de ser descrito é exactamente o que se observa na função utilidade, quando são consideradas as restrições aos pesos.

Através das utilidades globais das alternativas, identificam-se as classes de actuação 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 António de Pádua e Macaé. Os demais municípios constituem a quarta, e última, classe. A Figura 5 representa a distribuição espacial destas classes.

Tabela 3: Resultados do PPL1' e da análise de pós-otimização.

<i>Crítérios</i>	<i>Variáveis</i>	<i>PPL1'</i> ($F^* = 0$)	<i>Análise de Pós-Otimização</i>
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
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.

<i>Alternativa</i>	Valor Global
Niterói	0,801
Volta Redonda	0,596
Campos dos 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 João de Meriti	0,000

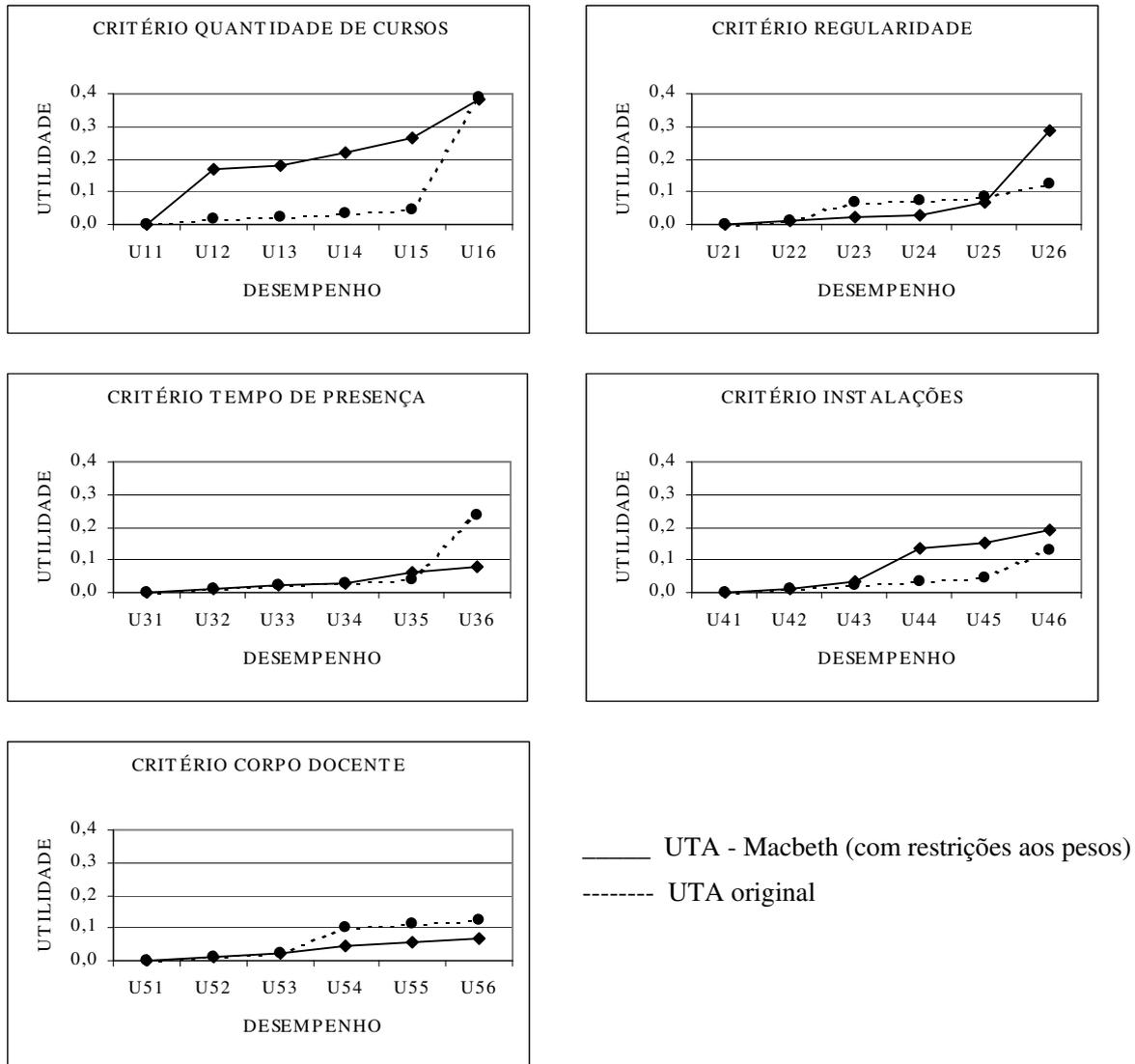


Figura 4: Funções de utilidade para os critérios.

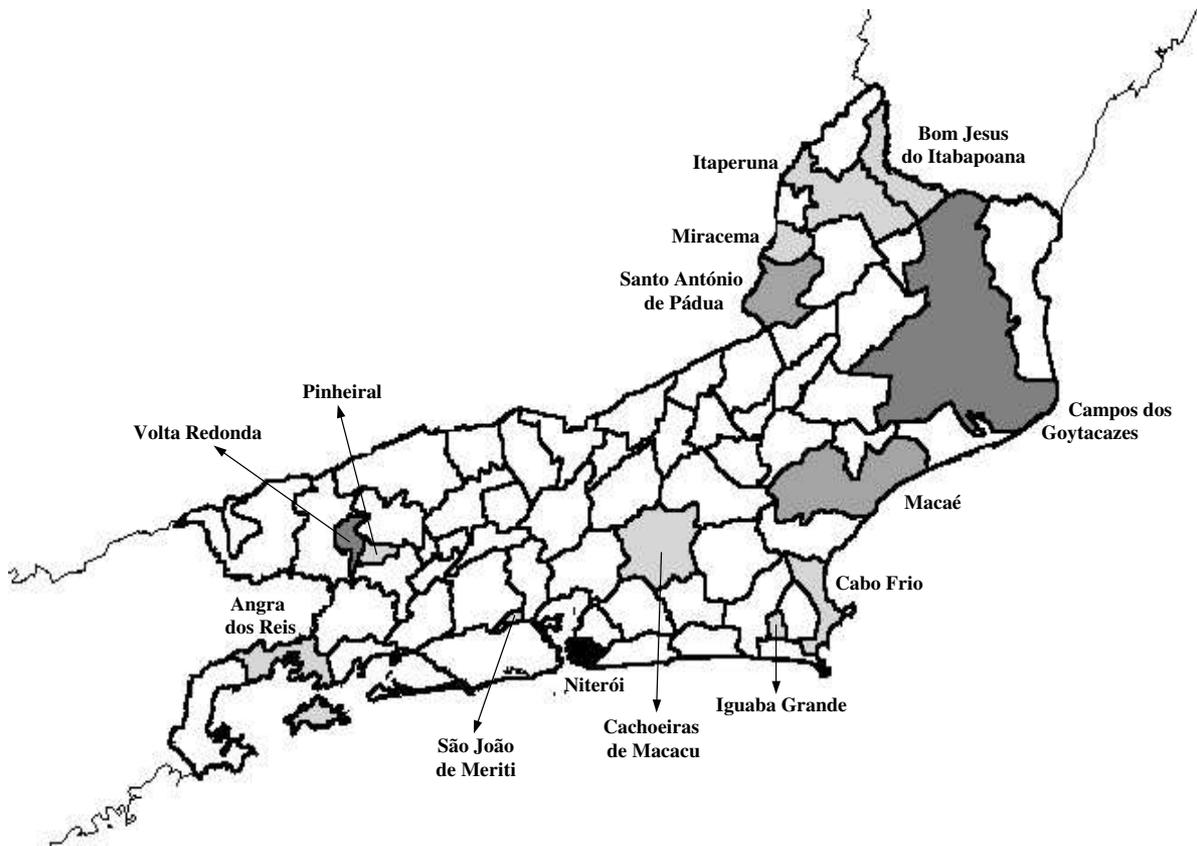


Figura 5: Distribuição espacial das classes de actuação na interiorização da UFF no estado do Rio de Janeiro.

6 Conclusões

O emprego conjunto dos métodos UTA e MACBETH permitiu a avaliação da interiorização dos cursos da UFF. Apesar de os decisores não terem sido capazes de fornecer informação suficiente para cada um dos métodos isoladamente (seja fornecer os pesos exactos dentro da faixa determinada pelo MACBETH, seja ordenar um conjunto suficientemente grande de alternativas para o que UTA gere resultados precisos), foi possível obter resultados fiáveis a partir da conjugação destes métodos.

Alguns resultados foram, à primeira vista, surpreendentes. Em especial, o facto de Cabo Frio ter apresentado uma utilidade global menor que Miracema. A surpresa deve-se a que a presença da UFF em Miracema é muito inconstante, com vários boatos (nunca confirmados) de que a actividade da instituição no município seria encerrada. No entanto, o tempo de actuação da UFF em Miracema é muito maior que em Cabo Frio. Isto acaba por justificar o resultado apresentado, já que está estabelecida uma tradição no local.

O facto de a ordenação obtida ser a mesma que obter-se-ia com o uso do método UTA original não retira a validade do método apresentado. Três considerações justificam esta afirmação:

1. Esta coincidência na ordenação foi uma particularidade do caso estudado. Em outros problemas nada garante que este facto seja repetido.
2. Embora a ordenação seja a mesma, os valores das utilidades aditivas são diferentes. Esta diferença é fundamental quando deseja-se estabelecer uma escala quantitativa. Com efeito, não basta saber em quais cidades é maior a presença da UFF, importa saber o quanto maior. Acrescente-se ainda a possibilidade de divisão em classes de actuação, bastante evidente com os valores obtidos, mas que seria bem menos imediata de fazer com os valores gerados pelo método original.
3. Como foi mostrado, as funções utilidade neste caso reflectem de forma mais acurada a real percepção do decisor. Embora tenha sido examinado apenas o caso mais flagrante (número de cursos), a afirmativa permanece válida para os outros critérios.

Em qualquer caso de estudo real, importa saber que usos terão os resultados. Foi mostrado que este estudo veio complementar outros estudos iniciados por uma necessidade de um dos autores. Entretanto, este autor já não ocupa o cargo que necessitaria do uso destes resultados. Assim, a divulgação deste artigo na Universidade Federal Fluminense poderá apresentar, actualmente, apenas vantagens didácticas. Pode contribuir para ajudar a construir uma cultura de avaliação quantitativa, hoje quase que totalmente inexistente, em particular, se forem usados na divulgação meios visualmente mais atractivos que o mero texto escrito em preto e branco. O uso de Sistemas de Informação Geográfica pode facilitar a compreensão e aceitação dos resultados. Para um bom uso do SIG é fundamental a divisão em classes, mais fácil de visualizar que a simples ordenação, em especial quando as alternativas avaliadas são espacialmente distribuídas (Gomes et al., 2002).

Há que se referir que o estudo não termina com este artigo. Por um lado, outras vertentes de avaliação são necessárias. Podem-se citar avaliações que contemplem a questão financeira, actividades de pós-graduação e outros aspectos da vida universitária. Por outro lado, a dinâmica da interiorização impede que estes resultados sejam considerados estáticos. Basta citar que,

já para 2003, a UFF prevê a abertura de mais dois cursos na sede, um de Ciências Contábeis em Arraial do Cabo, outro de Serviço Social em Bom Jesus do Itabapoana e deve, mais uma vez, suspender temporariamente a oferta de vagas para o curso de Ciências Contábeis em Miracema.

Finalmente, do ponto de vista matemático, a adição de novas restrições a um problema de múltiplas soluções sempre contribui para diminuir a incerteza sobre a escolha de uma das soluções.

7 Referências bibliográficas

- [1] 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* 73 (1997) 13-34.
- [2] Bana e Costa, C.A., Corrêa, E.C., De Corte, J.M., Vansnick, J.C. Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a socio-technical approach. *Omega* 30 (3) (2002) 227-242.
- [3] Bana e Costa, C.A., Nunes da Silva, F., Vansnick, J.C. Conflict dissolution in the public sector: A case-study. *European Journal of Operational Research* 130 (2) (2001) 388-401.
- [4] Bana e Costa, C.A., Oliveira, R.C. Assigning priorities for maintenance, repair and refurbishment in managing a municipal housing stock. *European Journal of Operational Research* 138 (2) (2002) 380-391.
- [5] Bana e Costa, C.A., Vansnick, J.C. Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. *Investigação Operacional* 15 (1995) 15-35.
- [6] Barba-Romero, S., Pomerol, J.C. *Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos e Utilización Práctica*, Colección de Economía, Universidad de Alcalá (1997).
- [7] Beuthe, M., Scannella, G. Comparative analysis of UTA multicriteria methods. *European Journal of Operational Research* 130 (2001) 246-262.
- [8] Cantanhede, O. *A Escola Fluminense de Engenharia: Sua criação e sua obra - 1952/2002*. Niterói: EdUFF (2002).
- [9] Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishers, USA (2000).
- [10] Corrêa, E.C. *Construção de um Modelo Multicritério de Apoio ao Processo Decisório*. Tese de Mestrado em Engenharia de Produção, EPS/UFSC (1996).
- [11] Doignon, J.P. Threshold representations of multiple semiorders. *SIAM Journal of Algebraic Discrete Methods* 8 (1984) 77-84.
- [12] Gomes, E.G., Lins, M.P.E., Soares de Mello, J.C.C.B. Seleção do melhor município: integração SIG-Multicritério. *Investigação Operacional* 22 (1) (2002).
- [13] Jacquet-Legrèze, E., Siskos, Y. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research* 10 (2) (1982) 151-164.
- [14] Jacquet-Legrèze, E., Siskos, Y. Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience. *European Journal of Operational Research* 130 (2001) 233-245.
- [15] Keeney, R.L., Raiffa, H. *Decision with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*, J. Wiley, New York (1976).

- [16] Rangel, L.A.D. Determinação de funções de utilidade através das preferências dos decisores sobre o conjunto de critérios empregando o método UTA. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia de Produção – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil (2002).
- [17] 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. Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – XXXIII SBPO, Campos do Jordão, SP, Novembro (2001).
- [18] Roy, B., Bouyssou, D. Aide multicritère à la décision: méthodes et cas, Economica, Paris (1993).
- [19] Saaty, T.L. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York (1980).
- [20] Siskos, Y., Spyridakos, A., Yannacopoulos, D. MINORA: A multicriteria decision aiding system for discrete alternatives. In: Siskos, Y., Zopounidis, C., (Eds). Especial Issue on Multicriteria Decision Support Systems 2 (2) (1993) 136-149.
- [21] Siskos, Y., Spyridakos, A., Yannacopoulos, D. Using artificial intelligence and visual techniques into preference disaggregation analysis: The MIIDAS system. European Journal of Operational Research 113 (2) (1999) 281-298.
- [22] Siskos, Y., Yannacopoulos, D. UTASTAR, an ordinal regression method for building additive value functions. Investigação Operacional 5 (1) (1985) 39-53.
- [23] Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Lins, M.P.E. Análise Multicritério da presença da Universidade Federal Fluminense com o uso do Método Macbeth. Revista Produção 11 (2) (2002) 53-67.
- [24] 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 27 (2) (2002) 209-218.
- [25] 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 21 (2) (2001) 171-190.
- [26] Soares de Mello, M.H.C., Soares de Mello, J.C.C.B. Ingresso nos cursos de Engenharia: Vestibular junto e separado. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), Ouro Preto, MG (2000).
- [27] Souza, M.L.M.T. Subsídios: resgatando a memória da extensão na UFF. Niterói: EdUFF (2001).
- [28] Vaz, M.R., Soares de Mello, J.C.C.B., Soares de Mello, M.H.C., Moura, H.L.S. Participação das Engenharias na interiorização dos cursos da UFF. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), Piracicaba, SP (2002).