



SPOLM 2007

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 08 e 09 novembro de 2007.

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS TODIM E PROMETHÉE NA AVALIAÇÃO DE CIDADES DA REGIÃO SUL FLUMINENSE

Lidiane Borges Silverio

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda - UFF
Av. dos Trabalhadores, nº420, CEP 27255-250 - Volta Redonda / RJ
lidi.silverio@gmail.com

Alice Silva Ferreira

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda - UFF
Av. dos Trabalhadores, nº420, CEP 27255-250 - Volta Redonda / RJ
alicesilvaferreira@bol.com.br

Luís Alberto Duncan Rangel

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda - UFF
Av. dos Trabalhadores, nº420, CEP 27255-250 - Volta Redonda / RJ
duncan@metal.eeimvr.uff.br

Resumo

A desigualdade social é um grave problema no Brasil. O bem-estar da população tem sido preocupação constante das autoridades e da sociedade, tornando cada vez mais necessário uma análise acerca do desenvolvimento das cidades. Desta forma, utilizou-se o Apoio Multicritério à Decisão para avaliar as cidades da região Sul Fluminense através dos métodos Promethée II e Todim, com a finalidade de obter uma ordenação das cidades avaliadas. O presente trabalho realiza uma comparação entre os resultados obtidos por ambos os métodos com o objetivo de analisar suas características e propriedades.

Palavras-Chaves: Avaliação de cidades; Método Todim; Método Promethée II.

Abstract

Social inequality is a huge problem in Brazil. The wellbeing of the population is a constant concern that makes necessary to analyze the developing of the cities. Then the Multicriteria Decision Aid was utilized to evaluate cities of Sul Fluminense region through the Promethée II and the Todim Methods, to do the ordination of the evaluated cities. The following research realizes a comparison about the obtained results of two methods and analyzes its characteristics and properties.

Keywords: Cities Evaluation; Todim Method; Promethée II Method.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação de cidades segundo indicadores de qualidade de vida está ligada à satisfação das necessidades humanas, melhoria da qualidade de vida e justiça social, abrangendo os temas população, equidade, saúde, educação e habitação [10]. Por isso, essa avaliação se torna um problema complexo, que envolve diversas alternativas analisadas segundo multiatributos. É neste âmbito que o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) pode ser utilizado no auxílio à tomada de decisão. Segmento da Pesquisa Operacional, o AMD é aplicado em situações com critérios conflitantes, visando encontrar uma alternativa ou conjunto de alternativas que se apresentem como soluções para o problema, dentro de um grupo de alternativas viáveis ou factíveis [2] e [13].

O AMD possui diversos métodos com diferentes objetivos e propriedades. Podem-se classificar estes métodos por: Métodos da Escola Francesa, Métodos da Escola Americana e Métodos Híbridos [6]. Pretende-se com esse estudo comparar o desempenho do método Promethée II, de subordinação e síntese com o método Todim, híbrido.

Com base na comparação realizada pode-se analisar o comportamento de cada método avaliando suas características. Essa pesquisa permitirá também realizar uma análise crítica da situação das cidades da região e o bem-estar da população, identificando os problemas e estimulando o debate sobre o tema com o intuito de propor melhorias.

2. O APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é uma importante ferramenta para auxiliar na tomada de decisões em cenários complexos, nos quais há diversos critérios, algumas vezes até difíceis de quantificar. O AMD consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar organizações e pessoas a tomarem decisões sobre a influência de uma multiplicidade de critérios. A busca da solução de um problema ocorre em ambientes em que os critérios são conflitantes, ou seja, onde o ganho de um critério pode ocasionar a perda em outro, o que deve ser contabilizado na solução final [7]. Para aplicar a metodologia AMD e encontrar a solução do problema é necessário que o problema seja bem estruturado através de um modelo mais ou menos formalizado, como um esquema de representação e organização dos elementos primários de avaliação, possibilitando a implementação de um método para resolução do problema [3].

Para a problemática de avaliação de cidades utilizou-se o seguinte modelo:

Considerando-se um conjunto de m alternativas e n critérios têm-se a Matriz de Desempenho das alternativas A_i ($i=1, 2, \dots, m$) em relação a cada critério c_j ($j=1, 2, \dots, n$) conforme a tabela 1, a seguir.

Alternativas	Critérios				
	c_1	c_2	c_3	...	c_n
A_1	$g_1(A_1)$	$g_2(A_1)$	$g_3(A_1)$...	$g_n(A_1)$
A_2	$g_1(A_2)$	$g_2(A_2)$	$g_3(A_2)$...	$g_n(A_2)$
...					
A_m	$g_1(A_m)$	$g_2(A_m)$	$g_3(A_m)$...	$g_n(A_m)$

Tabela 1 – Matriz de Desempenho

Calcula-se as diferenças entre os desempenhos das alternativas, $d_{ik} = g_j(A_i) - g_j(A_k)$, desta forma obtém-se n matrizes $m \times m$.

Os métodos utilizam pesos para cada critério, logo, é necessário estabelecer pesos w_j para os n critérios presentes na análise do problema de decisão, conforme apresentado na tabela 2.

Critérios	c_1	c_2	c_3	...	c_j	...	c_n
Pesos	w_1	w_2	w_3	...	w_j	...	w_n

Tabela 2 – Matriz de Pesos dos Critérios

3. MÉTODO TODIM

O Método TODIM - Tomada de Decisão Interativa Multicritério [8] utiliza conceitos de comparação par a par e critério único de síntese e, por isso, é considerado um método híbrido. Tem como objetivo a ordenação de alternativas, problemática do tipo Py [13].

O método Todim se baseia na Teoria da Perspectiva [12]. Kahneman e Tversky, dois psicólogos, pesquisaram o comportamento humano diante de tomadas de decisão que envolvem riscos. A pesquisa demonstrou que o homem tende a ter uma maior aversão ao risco com relação ao ganho do que com relação a perdas. As pessoas preferem optar por um ganho menor a correr um risco para ganhar uma quantia mais alta. Já quando se trata de perdas, as pessoas preferem correr um risco maior para ter a chance de não perder nada a ficar com uma pequena perda, porém mais segura [5].

O Método Todim incorpora a Teoria da Perspectiva em sua formulação através de um fator de atenuação de perdas (θ) que representa o comportamento humano diante de situações arriscadas.

Dada as diferenças de desempenhos entre as alternativas i e k , d_{ik} , calcula-se as matrizes de dominância parcial segundo a fórmula abaixo:

$$\Phi_c(i, k) = \begin{cases} \sqrt{\frac{a_{rc} d_{ik}}{\sum_{c=1}^M a_{rc}}} & \text{se } d_{ik} > 0 \\ 0 & \text{se } d_{ik} = 0 \\ -\frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^M a_{rc} (-d_{ik})}{a_{rc}}} & \text{se } d_{ik} < 0 \end{cases}$$

- $\Phi(i, k)$: medida de dominância da alternativa i sobre a alternativa k (somatório das dominâncias parciais)
- M : número de critérios;
- arc : taxa de substituição do critério c pelo critério r ;
- d_{ik} : diferença entre os desempenhos das alternativas i e k em relação ao critério c ;
- θ : fator de atenuação das perdas.

A taxa de substituição, arc , é calculada da seguinte forma:

$$a_{rc} = \frac{P_c}{P_r}, \text{ onde } P_c \text{ é o peso do critério analisado e } P_r \text{ é o peso do critério de referência.}$$

A matriz de dominância final é dada por:

$$\delta(i, k) = \sum_{j=1}^m \Phi_j(i, k), \forall (i, k)$$

Para encontrar o valor global atribuído a cada alternativa, os valores das linhas da matriz de dominância final são somados e normalizados através da fórmula:

$$\xi_i = \frac{\sum_{k=1}^n \delta(i,k) - \min \sum_{k=1}^n \delta(i,k)}{\max \sum_{k=1}^n \delta(i,k) - \min \sum_{k=1}^n \delta(i,k)}$$

4. O MÉTODO PROMETHÉE

A família Promethée (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), da Escola Francesa foi apresentada por Brans e Vincke em 1985. O primeiro método proposto desta família foi o método Promethée I, que tem por objetivo realizar uma pré-ordem parcial. Já o método Promethée II [4], da problemática $P\gamma$ [13], que tem por objetivo a ordenação das alternativas, realiza uma pré-ordem completa. Dessa forma o método Promethée II se mostra mais eficaz na avaliação de projetos, pois consegue priorizar as alternativas através de uma ordenação completa [15] e [14].

O próximo passo é calcular as matrizes referentes às funções de preferência. O método Promethée se diferencia dos outros da Escola Francesa nos tipos de critérios utilizados para o cálculo da função de preferência. Podem-se empregar seis tipos de funções para descrever os critérios avaliados na implementação do método. Cada tipo de critério é caracterizado por uma função que busca representar a preferência do decisor. A Função de Preferência $P_j(a_i, a_k)$ que descreve cada critério assume valores entre 0 e 1 [1].

A Função de Preferência deve ser definida para cada critério. Para algumas dessas funções de preferência é necessário atribuir valores para os limites de preferência (p) e de indiferença (q). Os seis diferentes tipos de critérios gerais são:

- a) Verdadeiro critério ou critério usual, conforme apresentada na figura 1:

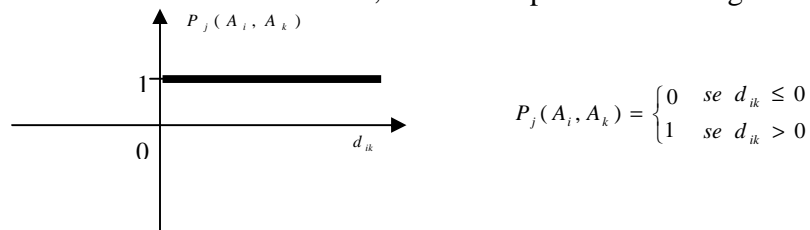


Figura 1 – Verdadeiro critério.

- b) Quase-critério, apresentado na figura 2:

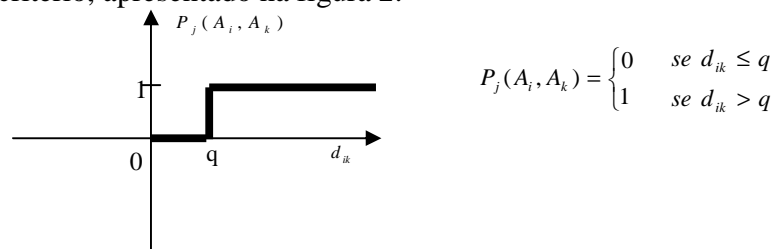


Figura 2 – Quase-critério.

- c) Critério de nível, apresentado na figura 3:

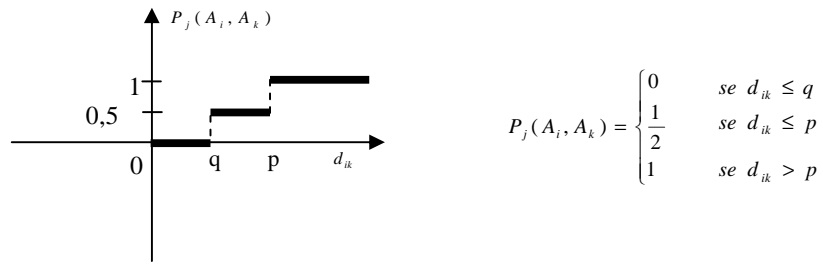


Figura 3 – Critério de nível.

d) Critério com preferência linear e área de indiferença, apresentado na figura 4 :

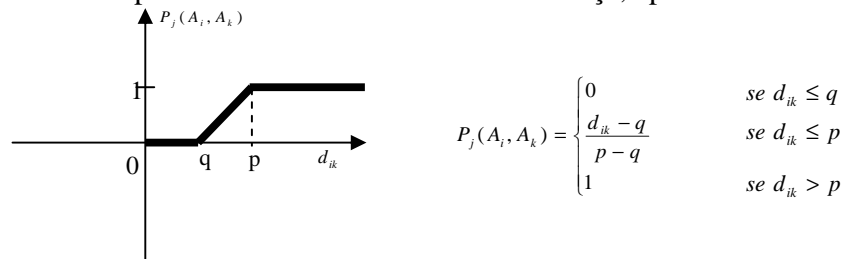


Figura 4 – Critério com preferência linear.

e) Pseudo-critério com preferência linear, apresentado na figura 5:

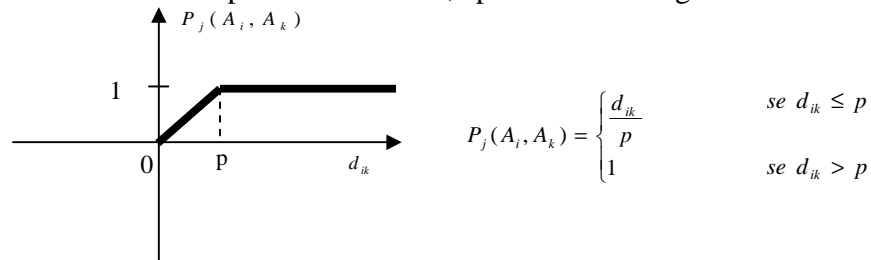


Figura 5 – Pseudo-critério.

f) Critério Gaussiano, apresentado na figura 6:

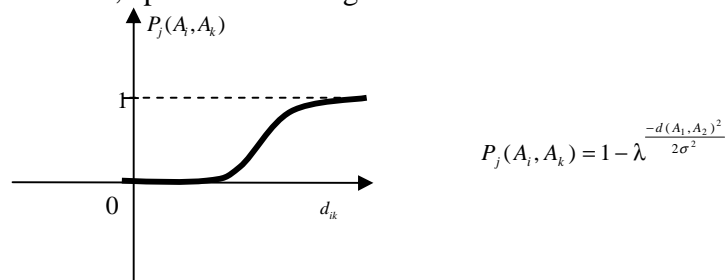


Figura 6 – Critério gaussiano.

Desta forma, o índice de agregação de preferência $\pi(A_i, A_k)$ é calculado através da fórmula:

$$\pi(A_i, A_k) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(A_i, A_k)$$

O Fluxo de Sobreclassificação Positivo ou fluxo de entrada $\phi^+(A_i)$, expressa o quanto a alternativa A_i sobreclassifica as outras e é dado por:

$$\phi^+(A_i) = \sum_{j=1}^m \pi(A_i, A_k)$$

O fluxo de saída $\phi^-(A_i)$, que representa o fluxo de Sobreclassificação Negativo ou o fluxo de saída $\phi^-(A_i)$, expressa o quanto uma alternativa A_i é sobreclassificada por outras alternativas e é calculado através da seguinte fórmula:

$$\phi^-(A_i) = \sum_{j=1}^m \pi(A_k, A_i)$$

Para o método Promethée II é necessário calcular o fluxo líquido:

$$\phi(A_i) = \phi^+(A_i) - \phi^-(A_i)$$

Dessa forma obtém-se a ordenação das alternativas, de acordo com os valores encontrados para o fluxo líquido.

5. ESTUDO DE CASO

A avaliação de cidades segundo indicadores de qualidade de vida se torna um estudo relevante para que se possa estimular o debate sobre o tema com o intuito de propor melhorias e investimentos.

No presente estudo foram avaliadas as quatorze cidades que formam a região Sul Fluminense através de critérios selecionados de uma pesquisa sobre Desenvolvimento Sustentável. Os dados que se referem aos critérios selecionados foram obtidos com base no banco de dados Cidades do IBGE [11] e tratados afim de que pudessem ser aplicados nos métodos a serem comparados.

5.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E DAS ALTERNATIVAS

As alternativas a serem analisadas são as 14 cidades que formam a Região Sul Fluminense no Estado do Rio de Janeiro, representadas por A1, A2, ... , A14.

Os critérios empregados na avaliação e os grupos aos quais esses pertencem são apresentados na tabela 3. As definições dos critérios empregados nesta pesquisa foram baseados na pesquisa realizada pelo IBGE em 2002 [10].

Grupo de Critério	Critério
Educação	Analfabetismo funcional Escolaridade
Escolaridade	Taxa de mortalidade infantil Acesso à saúde
Economia	Taxa de desemprego PIB per capita

Tabela 3 – Critérios de Avaliação

Educação:

- I. Analfabetismo funcional. Critério de minimização. É a razão entre o número de habitantes com 10 ou mais anos de idade que possuem até 3 anos de estudo e o total de habitantes desta faixa etária. O indicador de analfabetismo funcional atesta o domínio da linguagem e é fortemente relacionado ao acesso à educação e ao exercício da cidadania;
- II. Escolaridade. Critério de maximização. É o número médio de anos de estudo da população. Apresenta o nível educacional alcançado pela população.

Saúde:

- III. Taxa de mortalidade infantil. Critério de minimização. É a razão entre o número de óbitos de crianças de até 1 ano e o número de nascidos vivos de um determinado ano. A taxa de mortalidade é importante na avaliação das condições

de vida e de saúde da cidade e está estreitamente relacionada com a renda familiar, tamanho da família, nutrição e saneamento básico;

- IV. Acesso à saúde. Critério de minimização. É a razão entre a população residente e o número de estabelecimentos de saúde. O acesso à saúde e equipamentos de saúde revela o nível do padrão da saúde, que é quesito indispensável tanto para a qualidade de vida, quanto para o mercado de trabalho e produtividade.

Economia:

- V. Taxa de desemprego. Critério de minimização. É a razão entre o número de habitantes com mais de 14 anos de idade sem rendimento e o total de habitantes desta faixa etária. A taxa de desemprego determina o nível de pobreza da população e avalia o mercado de trabalho e sua capacidade de prover ocupação produtiva para a população;
- VI. PIB per capita. Critério de maximização. É a razão entre o valor do Produto Interno Bruto (PIB), em reais, e o número total de habitantes. Determina o nível médio de renda da população e o estágio de desenvolvimento econômico da mesma, apesar de ser insuficiente para avaliar o grau de qualidade de vida da população devido à desigualdade social existente;

A tabela 4 apresenta o desempenho de cada alternativa em relação a cada critério. Tais desempenhos foram retirados do banco de dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Alternativas	Critérios					
	Escola- ridade c ₁	Analfa- betismo c ₂	Taxa de mortalidade c ₃	Acesso à saúde c ₄	Taxa de desemprego c ₅	PIB per capita c ₆
A ₁	6,83	0,271	0,007	2669,2	0,360	11983,0
A ₂	7,39	0,230	0,001	2326,3	0,302	7955,0
A ₃	7,24	0,221	0,004	1586,9	0,330	11950,6
A ₄	7,37	0,233	0,000	1946,5	0,266	20615,3
A ₅	6,72	0,322	0,002	6739,0	0,288	5965,7
A ₆	7,05	0,237	0,008	2876,8	0,366	4480,0
A ₇	6,89	0,292	0,003	1522,7	0,324	48897,9
A ₈	6,21	0,323	0,000	1020,6	0,349	161558,4
A ₉	6,70	0,301	0,000	937,1	0,326	7310,3
A ₁₀	7,77	0,201	0,007	1392,2	0,291	27974,0
A ₁₁	6,36	0,357	0,004	1208,1	0,360	5601,7
A ₁₂	6,79	0,306	0,009	849,3	0,294	5609,2
A ₁₃	7,34	0,244	0,002	1436,2	0,279	5574,3
A ₁₄	8,14	0,174	0,005	1217,7	0,317	23836,6

Fonte: IBGE: Cidades @ (2007).

Tabela 4 – Matriz Desempenho das Alternativas

5.2 ATRIBUIÇÃO DE PESOS AOS CRITÉRIOS

A atribuição de pesos aos critérios é uma das etapas mais importantes do processo decisório, uma vez que esses pesos devem refletir a importância de cada critério. Os pesos atribuídos aos critérios terão grande impacto no resultado final do método.

Existem diversos métodos para atribuição de pesos aos critérios. O método utilizado no presente estudo de caso foi o Método Swing Weighting [9] onde o decisor escolhe o critério de maior importância, e atribui ao mesmo 100 pontos eliminando-o do processo. Em seguida, o decisor escolhe novamente o critério de maior importância, dentre os critérios que permaneceram

na análise, e atribui um valor inferior a 100 pontos. Faz-se esta operação para todos os critérios presentes na análise.

Nesta pesquisa, os pesos dos critérios foram determinados por um grupo de pessoas, composto pelos autores deste artigo e por pessoas da comunidade.

Através do Método Swing Weighting, utilizado para a atribuição de pesos aos critérios, foram obtidos os seguintes pesos apresentados na tabela 5.

Critérios	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆
Pesos	80	90	75	100	90	60
Pesos Normalizados	0,16	0,18	0,15	0,20	0,18	0,13

Tabela 5 – Matriz de Pesos dos Critérios

5.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO TODIM

Para implementar o método é necessário que a matriz de desempenho seja normalizada.

A partir da matriz normalizada obtida, calculam-se as diferenças entre os desempenhos, as matrizes de dominância parcial e a matriz de dominância final representada na tabela 6.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄
A ₁	0,00	-2,63	-1,49	-1,47	-1,03	-0,26	-2,00	-2,26	-0,71	-2,09	-0,82	-0,88	-1,92	-2,30
A ₂	0,09	0,00	-0,51	-0,72	0,23	0,38	-0,93	-1,91	-0,27	-1,39	-0,11	-0,46	-0,34	-1,44
A ₃	0,20	-1,86	0,00	-0,67	-0,80	0,26	-1,26	-1,93	-0,37	-1,40	-0,25	-0,62	-1,14	-1,55
A ₄	-0,27	-1,77	-0,96	0,00	-0,74	-0,24	-1,62	-2,01	-0,38	-1,67	-0,86	-0,89	-1,13	-1,87
A ₅	-0,90	-2,67	-1,35	-1,67	0,00	-0,68	-1,63	-2,21	-0,90	-1,86	-0,44	-0,86	-1,20	-1,97
A ₆	-0,71	-2,78	-1,76	-1,44	-1,26	0,00	-2,05	-2,33	-0,99	-2,21	-1,13	-1,08	-1,88	-2,42
A ₇	0,13	-2,15	-0,32	-0,57	-0,68	-0,10	0,00	-1,72	-0,24	-0,95	-0,05	-0,54	-1,34	-1,09
A ₈	-0,61	-2,37	-1,16	-0,69	-1,15	-0,70	-1,01	0,00	-0,49	-1,31	-0,40	-1,16	-1,54	-1,42
A ₉	-0,96	-2,56	-1,42	-1,28	-1,12	-0,78	-1,79	-1,58	0,00	-2,02	-0,47	-0,97	-1,61	-2,04
A ₁₀	0,32	-1,46	-0,17	0,04	-0,63	0,34	-0,95	-1,75	-0,16	0,00	-0,39	-0,28	-0,71	-0,89
A ₁₁	-0,73	-2,78	-1,17	-1,44	-1,42	-0,45	-1,81	-2,22	-1,09	-1,69	0,00	-1,13	-1,60	-1,72
A ₁₂	-0,70	-2,38	-1,25	-1,15	-0,93	-0,44	-1,55	-1,49	-0,11	-1,62	-0,29	0,00	-1,39	-1,69
A ₁₃	-0,06	-1,89	-0,40	-0,71	-0,31	0,15	-0,69	-1,86	-0,42	-1,14	-0,08	-0,37	0,00	-1,42
A ₁₄	0,35	-1,59	-0,07	-0,02	-0,73	0,37	-0,92	-1,67	-0,09	-0,34	-0,12	-0,40	-0,74	0,00

Tabela 6 – Matriz de Pesos dos Critérios

Para encontrar o valor global, apresentado na tabela 7, os valores das linhas da matriz de dominância final foram somados e normalizados. Dessa forma foi obtida a ordenação das alternativas.

	$\sum_{k=1}^n \delta(i, k)$	ξ_i
A ₁₄	-5,94966	1
A ₁₀	-6,69877	0,953413
A ₂	-7,37554	0,911325
A ₁₃	-9,18635	0,798711
A ₇	-9,60932	0,772407
A ₃	-11,3774	0,662454
A ₈	-14,0117	0,498624
A ₄	-14,4028	0,4743
A ₁₂	-15,0012	0,43709
A ₅	-18,3491	0,228883
A ₉	-18,5951	0,213587
A ₁₁	-19,2431	0,173288
A ₁	-19,8732	0,134101

A ₆	-22,0295	0
----------------	----------	---

Tabela 7 – Ordenação das Alternativas

É possível elaborar um gráfico representando a função da teoria da perspectiva incorporada ao Método Todim, como pode ser visto na figura 7. O gráfico apresentado possui o eixo das abscissas representado pelas diferenças entre os desempenhos de cada critério e o eixo das ordenadas representado pela função de dominância parcial $\Phi_c(i, k)$.

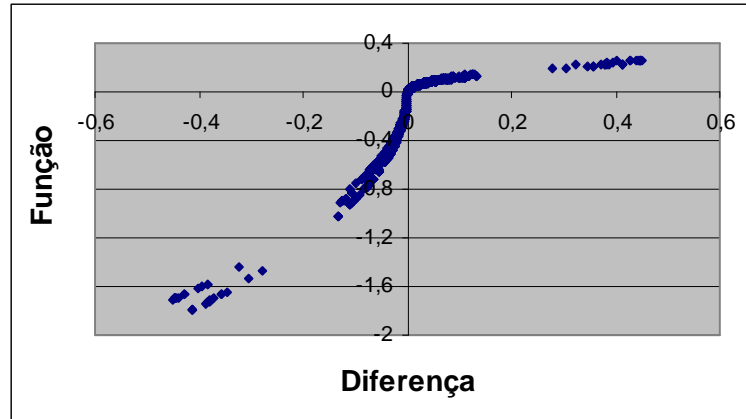


Figura 7 – Gráfico do Método Todim

5.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHÉE II

Analisando os dados coletados foram escolhidos os critérios gerais e parâmetros p e q expostos na tabela 8.

Critério	Tipo de critério	Parâmetros
c ₁	Preferência Linear com Área de Indiferença	q= 0,5 , p=1
c ₂	Preferência Linear com Área de Indiferença	q= 0,08 , p=0,15
c ₃	Quase-critério	q= 0,002
c ₄	Preferência Linear com Área de Indiferença	q= 400 , p=1000
c ₅	Pseudocritério com preferência linear	p=0,08
c ₆	Preferência Linear com Área de Indiferença	q= 7000 , p=16000

Tabela 8 – Classificação dos critérios e parâmetros associados

Calculando as funções de preferência, obtêm-se os índices de agregação de preferência observados na tabela 9.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄
A ₁	0,00	0,27	0,38	0,41	0,29	0,00	0,50	0,45	0,39	0,54	0,32	0,32	0,49	0,49
A ₂	0,00	0,00	0,10	0,12	0,03	0,00	0,23	0,29	0,18	0,30	0,18	0,20	0,20	0,34
A ₃	0,00	0,19	0,00	0,27	0,22	0,00	0,12	0,30	0,22	0,18	0,00	0,18	0,24	0,18
A ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,27	0,18	0,05	0,10	0,18	0,03	0,18
A ₅	0,18	0,26	0,24	0,36	0,00	0,20	0,29	0,29	0,18	0,54	0,18	0,18	0,24	0,60
A ₆	0,01	0,31	0,40	0,55	0,30	0,00	0,52	0,47	0,40	0,51	0,33	0,33	0,49	0,68
A ₇	0,00	0,18	0,00	0,26	0,07	0,00	0,00	0,28	0,19	0,21	0,00	0,15	0,09	0,25
A ₈	0,04	0,27	0,24	0,33	0,13	0,11	0,10	0,00	0,05	0,36	0,00	0,13	0,29	0,37
A ₉	0,00	0,11	0,01	0,22	0,08	0,00	0,11	0,11	0,00	0,38	0,00	0,07	0,14	0,37
A ₁₀	0,00	0,14	0,14	0,19	0,14	0,00	0,25	0,25	0,15	0,00	0,14	0,04	0,16	0,00
A ₁₁	0,01	0,51	0,31	0,63	0,29	0,15	0,19	0,27	0,21	0,57	0,00	0,14	0,52	0,51
A ₁₂	0,00	0,17	0,15	0,29	0,15	0,00	0,25	0,25	0,14	0,46	0,14	0,00	0,18	0,52
A ₁₃	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,11	0,25	0,17	0,11	0,00	0,06	0,00	0,20

A ₁₄	0,00	0,17	0,00	0,24	0,20	0,00	0,11	0,25	0,14	0,06	0,00	0,05	0,22	0,00
-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabela 9 – Índices de agregação de preferência

Com base nos dados da tabela 9, pode-se calcular os fluxos positivos, negativos e líquidos. A tabela 10 apresenta a ordenação das alternativas, em ordem decrescente, de acordo com o fluxo líquido.

Alternativas	A ₄	A ₁₄	A ₁₀	A ₁₃	A ₉	A ₈	A ₇	A ₁₂	A ₂	A ₃	A ₅	A ₁₁	A ₁	A ₆
Φ^+	0,25	2,60	1,96	4,12	1,90	0,46	2,91	3,74	2,61	4,25	1,40	2,02	3,28	4,70
Φ^-	4,87	2,18	2,10	1,12	3,75	5,30	1,69	2,43	1,59	1,60	4,30	2,69	1,14	1,43
$\Phi^+ - \Phi^-$	-4,62	0,42	-0,14	3,00	-1,86	-4,85	1,23	1,31	1,02	2,65	-2,90	-0,67	2,15	3,27

Tabela 10 – Ordenação das alternativas

A título de exemplo seguem os gráficos referentes a cada um dos três diferentes tipos de critérios utilizados nesta pesquisa: Critério com preferência linear e área de indiferença, apresentado na figura 8, representando o critério c_1 – Escolaridade; Quase-critério, apresentado na figura 9, representando o critério c_3 – Taxa de mortalidade; e Pseudo-critério com preferência linear, apresentado na figura 10, representando o critério c_5 – Taxa de desemprego. Estes três gráficos apresentados nas figuras 8, 9 e 10 foram realizados através da implementação do método Promethée II empregando o Excel da Microsoft 2003.

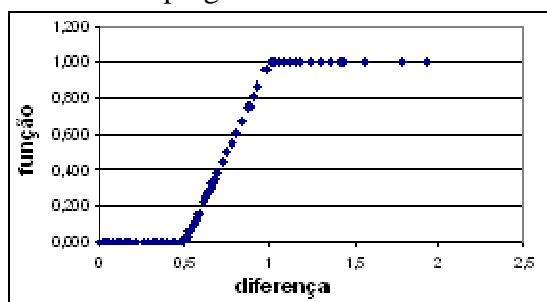


Figura 8 – Escolaridade – Critério C₁.

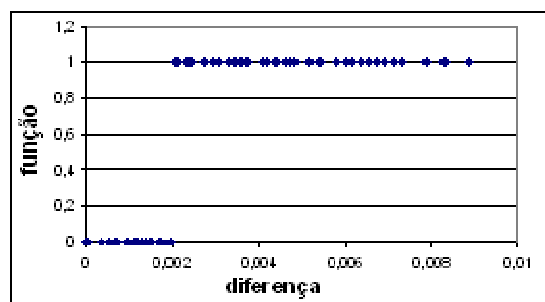


Figura 9 – Taxa de mortalidade Critério C₃.

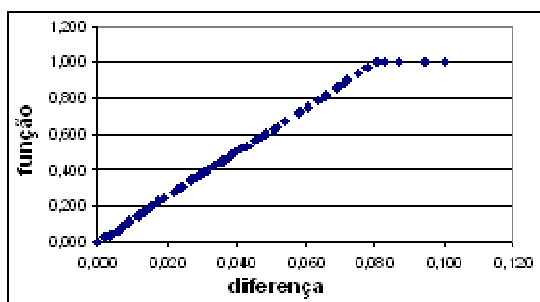


Figura 10 – Taxa de desemprego - Critério C₅.

5.5 Comparação:

Ordenação Todim		Ordenação Promethée II	
A ₁₄	1,00	A ₁₄	3,27
A ₁₀	0,95	A ₄	3,00
A ₂	0,91	A ₁₀	2,65
A ₁₃	0,80	A ₁₃	2,15
A ₇	0,77	A ₈	1,31
A ₃	0,66	A ₇	1,23
A ₈	0,50	A ₉	1,02
A ₄	0,47	A ₂	0,42
A ₁₂	0,44	A ₃	-0,14
A ₅	0,23	A ₁₂	-0,67
A ₉	0,21	A ₅	-1,86
A ₁₁	0,17	A ₁₁	-2,90
A ₁	0,13	A ₁	-4,62
A ₆	0,00	A ₆	-4,85

Tabela 10 – Comparação das Ordenações

Pode-se observar que as três piores alternativas no método Promethée se mantiveram no Todim, já as primeiras alternativas sofreram maiores alterações, somente duas se mantiveram entre as quatro melhores. Isso se deve as diferentes abordagens de cada um dos métodos. O método Todim dá maior ênfase ao critério de referência, ou seja, o critério de maior peso, do que o método Promethee II. Isso ocorre devido a taxa de substituição que é calculada a partir do peso atribuído ao critério de referência. O método Promethée II não enfatiza o critério de maior peso em sua formulação, pois depende dos limites de preferência e indiferença atribuídos para cada tipo de critério geral escolhido.

6. CONCLUSÕES

Esta pesquisa foi realizada com a finalidade de comparar os resultados das ordenações das cidades que compõem a região Sul Fluminense obtidas com as implementações dos métodos Todim e Promethee II.

Verifica-se que o município A₁₄ obteve o primeiro lugar na implementação dos dois métodos. Isto significa que ambos os métodos conseguiram traduzir o excelente desempenho deste município em relação aos outros, de acordo com os indicadores selecionados. Esta mesma interpretação é empregada para analisar os municípios A₁₁, A₁ e A₆. Esses municípios apresentam-se com baixos desempenhos em relação aos indicadores e aparecem nas últimas colocações nas ordenações.

O fato dos outros municípios apresentarem ordenações diferentes na implementação dos dois métodos justifica-se; o método Todim não emprega limites de indiferença e de preferência na comparação entre as alternativas; devido ao fato do método Todim usar um critério de referência, usualmente o critério de maior peso, as alternativas que possuem melhor desempenho com relação a este critério são mais valorizadas que as outras; o emprego do método Promethee II com diferentes tipos de critérios, sendo que alguns desses empregam limites de indiferença e de preferência, faz com que algumas pequenas diferenças entre os desempenhos das alternativas sejam consideradas como indiferentes.

Em relação à ordenação dos municípios, através desses indicadores, verifica-se que alguns desses precisam melhorar seus desempenhos em relação à educação, saúde e economia, como fica comprovado através das duas ordenações, observando-se os municípios A₁₁, A₁ e A₆.

Portanto, através desta pesquisa realizada pode-se estudar os dois métodos e verificar as características de cada um desses dois métodos de ordenação. Com base nesta pesquisa e com a finalidade de dar continuidade nesse estudo, pretende-se realizar novas implementações do método Promethee II sem considerar os limites de indiferença e de preferência. Além dessas

considerações, buscar-se-á comparar os desempenhos desses municípios com os de outras regiões, com a finalidade de comparar os seus desempenhos em relação ao contexto nacional.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. **ALMEIDA, A.T.de & COSTA, A.P.C.S.** Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Sistemas de Informação com base no Método Prométhée. *Gestão da Produção*, v.9, n.2, p.201-214, ago. 2002.
- [2]. **BARBA-ROMERO, S. & POMEROL, J.C.** *Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. España: Universidad de Alcalá, Servicio de Publicaciones de la U.A., p. 420, 1997.
- [3]. **BELTON, V. & STEWART, T.J.** *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, p.372, 2002.
- [4]. **BRANS, J.P. & VINCKE, Ph. & MARESCHAL, B.** "How to Select and How to Rank Projects: The Prométhée Methods". *European Journal of Operational Research*, v. 24, p. 228-238, 1986.
- [5]. **GOMES, L. F. A. M. & LIMA, M.M.P.P.** From Modeling Individual Preferences to Multicriteria Ranking of Discrete Alternatives: a look at Prospect Theory and the additive difference model. *Foundations of Computing and Decision Sciences* 1992b, vol.17, 3, 171-184.
- [6]. **GOMES, L.F.A.M. & ARAYA, M.C.G. & CARIGNANO, C.** *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*. Rio de Janeiro: Ed. Thomson, p. 168, 2003.
- [7]. **GOMES, L.F.A.M. & GOMES, C.F.S. & ALMEIDA, A.T.,** 2002, *Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério*, São Paulo, Ed. Atlas.
- [8]. **GOMES, L.F.A.M. & LIMA, M.M.P.P.** TODIM: basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. *Foundations of Computing and Decision Sciences* 1992a, vol.16, 4, 113-127.
- [9]. **GOODWIN, P. & WRIGHT, G.** *Decision Analysis for Management Judgment*. New York: John Wiley & Sons, p. 308, 1991.
- [10]. **IBGE.** *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Estudos e Pesquisas: Informação Geográfica, Rio de Janeiro, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, n.2, p.197, 2002.
- [11]. **IBGE.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE: Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 10/01/2007.
- [12]. **KAHNEMAN, D. and TVERSKY, A.** Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica* 1979, 47, 263-292.
- [13]. **ROY, B. & BOUYSSOU, D.** *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*. Paris: Ed. Econômica, p. 695, 1993.
- [14]. **SCHÄRLIG, A.** *Pratiquer Electre et Prométhée: Un complément à Décider sur plusieurs critères*. Lausanne: Press Polytechniques et Universitaires Romande, p. 173, 1996.
- [15]. **VINCKE, Ph.** *L'aide multicritère à la décision*. Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles, p. 179, 1989.