



Uso da análise multicritério na construção de um índice de sustentabilidade hidroambiental: estudo em municípios paraibanos

José Ribamar Marques de Carvalho¹
Wilson Fadlo Curi²
Rosires Catão Curi³

Resumo

A gestão dos recursos hídricos é um processo decisório complexo, repleto de variáveis e dados que necessitam ser estruturados de modo que possa ser capaz de contribuir para um melhor planejamento e gerenciamento da situação hídrica no intuito de contribuir para a melhoria e definição de políticas públicas. Nesse sentido, o presente estudo concentra-se em estabelecer uma metodologia baseada no uso de indicadores e da análise multicritério capaz de identificar a situação hidroambiental de municípios paraibanos. Para tanto se fez o uso da pesquisa documental, exploratória e da análise multicritério, via método Promethee II. O modelo desenvolvido adotou 51 indicadores e 7 dimensões. Os resultados encontrados sinalizam para a distinção entre as cidades mais e menos sustentáveis em relação a questão

Recebimento: 23/8/2012 • Aceite: 22/11/2012

¹ Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da UFCG. Professor da Universidade Federal de Campina Grande. End: Rua, Sinfônio Nazaré, 38, Centro, Sousa, PB – Brasil. E-mail: profribamar@gmail.com

² Doutorado em Systems Design Engineering pela University of Waterloo, Canadá. Professor da Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: wfcuri@gmail.com

³ Doutorado em Systems Design Engineering pela University of Waterloo, Canadá. Professora da Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: rosirescuri@yahoo.com.br

hidroambiental. A contribuição do estudo se configura como uma ferramenta importante que pode está sendo utilizada pela gestão pública em busca de direcionar melhor suas ações de investimento em contextos que necessitam de maior atenção e discussão por parte de todos os atores sociais e institucionais.

Palavras-chave: Análise Multicritério; Método Promethee II; Sustentabilidade Hidroambiental de Municípios

Use of multicriteria analysis in the construction of a sustainability index hydro-environmental: a study in municipalities from Paraíba state

Abstract

The management of water resources, and a decision-making process complex, full of variables and data that need to be structured so that you might be able to contribute to a better planning and management of water in order to contribute to the improvement and definition of public policies. In this sense, the present study focuses on establishing a methodology based on the use of indicators and multicriteria analysis capable of identifying the situation hydro-environmental recovery of municipalities. For both made the use of documentary research, exploratory and multicriteria analysis, track method Promethee II. The developed model adopted 51 indicators and 7 dimensions. The results point to the distinction between the cities more and less sustainable in relation to the issue hydro-environmental recovery. The contribution of the study is configured as an important tool that you can is being used by public management in search of better target their shares of investment in contexts that need more attention and discussion by all social actors and institutional.

Keywords: Multicriteria Analysis; Method Promethee II; Sustainability Hydro-environmental of Municipalities

Introdução

O interesse e a preocupação sobre questões ambientais assumiram grande importância no debate científico e político, de maneira mais intensificada a partir das décadas de 60 e 70, quando surgiram movimentos ambientalistas, regulamentações, organizações não governamentais, dentre outros, fruto principalmente do contexto em que se encontram os atuais sistemas convencionais de gestão de recursos naturais de uso compartilhado.

A gestão atual dos recursos renováveis coloca em jogo inúmeras disciplinas associadas aos campos das ciências sociais, naturais e cognitivas. As questões que os autores levantam estão ancoradas na percepção de uma realidade mais imediata, que motiva o engajamento nesse domínio de pesquisa e constitui tanto o seu desafio central quanto a sua finalidade básica – ou seja, novas perspectivas que se abrem a um esforço de integração interdisciplinar (VIEIRA; WEBER, 2002).

Particularmente, no âmbito da gestão de águas no Brasil, observa-se que o seu desenvolvimento se deu de forma fragmentada e centralizada. De acordo com Abers e Jorge (2005), a gestão era fragmentada em função de cada setor (energia elétrica, agricultura irrigada, saneamento etc.) realizar seu próprio planejamento. Era centralizada em decorrência dos governos estaduais e federal definirem a política sem que houvesse a participação dos governos municipais, dos usuários da água e da sociedade civil.

A maioria dos estudos de gestão de bacias hidrográficas assume que uma autoridade de planejamento social, como um conselho de bacia hidrográfica, deve integrar informações, resolver os conflitos, tomar decisões e executar planos de gestão de bacias hidrográficas (QUI, 2005).

Para Weng, Huang e Li (2010), a gestão dos recursos hídricos é uma questão complicada, porque envolve aspectos socioeconômicos e impactos ambientais, fatores naturais e humanos (como, por exemplo, fatores hidrológicos, condição hidráulica, atividades humanas), bem como as características da bacia hidrográfica normalmente caracterizada por diversas incertezas hidrológicas associadas, entradas exógenas e padrões de demanda humana.

Nesse sentido, se nota que a gestão dos recursos hídricos é um processo decisório complexo, repleto de variáveis e dados que necessitam ser estruturados de modo que possa ser capaz de contribuir para um melhor planejamento e gerenciamento da situação hídrica no intuito de contribuir para a melhoria e definição de políticas públicas.

No Brasil, estão localizadas algumas das maiores bacias hidrográficas do mundo. Essa enorme disponibilidade hídrica levou o povo brasileiro a encobrir o desperdício e o uso predatório com a capa da abundância e a justificar essa conduta introjetando a ideia de que a água era um bem invulnerável, a qual todos podiam e poderão ter sempre acesso ilimitado (MARANHÃO, 2007, p. 16).

A problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas mais habitadas se configura como uma questão crucial para superação dos obstáculos ao desenvolvimento. Segundo o entendimento de Cirilo (2008), é fato que os governos de muitas regiões semiáridas do mundo vêm atuando com o objetivo de implantar infraestruturas capazes de disponibilizar água suficiente para garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar a irrigação. Todavia, esse esforço ainda é, de forma global, insuficiente para resolver os problemas decorrentes da escassez de água, o que faz com que as regiões continuem vulneráveis à ocorrência de secas, especialmente quando se trata do uso difuso da água no meio rural. De qualquer modo, a ampliação e o fortalecimento da infraestrutura hídrica, com adequada gestão, constituem requisitos essenciais para a solução do problema, servindo como elemento básico para interiorização do desenvolvimento.

Barroso e Gastaldini (2010) reforçam esse entendimento, quando dizem que a disponibilidade de água, em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos, atua como fator determinante no processo de desenvolvimento social e econômico de uma comunidade. Atender a esta demanda constitui um dos maiores desafios do homem na atualidade, devido à escassez crescente e ao comprometimento da qualidade das águas oriundas, principalmente, da sua utilização indiscriminada.

Nessa perspectiva, instrumentos de apoio à decisão como o uso de indicadores e índices aplicados a sistemas de recursos hídricos – considerando aspectos sociais, econômicos, ambientais, técnico operacionais, dentre outros, direcionados para a gestão de bacias hidrográficas, a partir da teoria da utilidade – pode contribuir significativamente para o estabelecimento de estratégias públicas, vez que permite redirecionar objetivos e até mesmo a reformulação de políticas mais alinhadas a cada região.

Sendo assim, a formulação de uma metodologia baseada em índices e indicadores focados na caracterização de sistemas hídricos através de indicadores, funções de utilidade e de preferências, baseados na Teoria de Apoio à Decisão - constitui uma importante

ferramenta que poderá contribuir para a melhoria da gestão desse cenário.

Nesse sentido e dadas às colocações acima fica estabelecida como premissa desse estudo de que quanto maior for o esforço na identificação de diferentes formas de se calcular índices/indicadores melhor será a construção de um sistema de indicadores para a gestão de bacias hidrográficas, visto que algumas maneiras que foram adotadas e desenvolvidas apresentam limitações em lidar com medidas de naturezas diversas em contextos e aspectos diferenciados.

Expostos tais argumentos e dada à importância da temática no contexto da gestão hídrica, emerge a seguinte situação-problema: Como estabelecer uma metodologia baseada no uso de indicadores e na análise multicritério capaz de identificar a situação hidroambiental de municípios?

Referencial Teórico

Método Promethee II

Brans *et. al.* (1986) apresentaram o método PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) como uma nova classe de métodos de sobreclassificação em análise multicritério. Suas principais características são simplicidade, clareza e estabilidade.

No processo de análise, o objetivo se decompõe em critérios e as comparações entre as alternativas são feitas no último nível de decomposição e aos pares, pelo estabelecimento de uma relação que acompanha as margens de preferência ditadas pelos agentes decisores (ARAÚJO e ALMEIDA, 2009).

Especificamente o método Promethee II, utilizado nesse estudo, consiste de acordo com Gomes *et. al.* (2004), Januzzi *et. al.* (2009), em organizar uma ordenação de prioridades apropriada para confrontar o desempenho das alternativas (no caso do estudo dos municípios analisados) critério a critério (no caso do estudo indicador a indicador), a partir de comparações binárias e utiliza o conceito do pseudocritério associado a eles limites de indiferença (q) e limites de preferência estrita (p), o que permite verificar a possibilidade de variar o grau de preferência entre as alternativas de acordo com o desempenho delas, buscando examinar a afirmação de que o município x_i é estritamente preferível ao município x_k ($x_i P x_k$).

O Método Promethee tem sido bem aceito e usado por ser um método não compensatório, que favorece alternativas bem balanceadas e ainda conforme Morais e Almeida (2006), que objetiva uma

ordenação completa das alternativas, evitando qualquer incomparabilidade.

Esse método apresenta seis formas diferentes de o decisor representar suas preferências, não necessariamente usando a mesma forma para todos os critérios, usados para identificar a intensidade da preferência. Conforme o modo como a preferência do decisor aumenta com a diferença entre o desempenho das alternativas para cada critério [$g_j(a) - g_j(b)$], ele pode definir uma função $F(a,b)$ que assume valores entre 0 e 1. Esses valores aumentam se a diferença de desempenho ou a vantagem de uma alternativa em relação a outra aumenta e é igual a zero se o desempenho de uma alternativa for igual ou inferior ao da outra (ALMEIDA; COSTA, 2002).

Braga e Gobetti (2002, p. 396), dizem que o Promethee estabelece uma estrutura de preferência entre alternativas discretas. Comumente, a estrutura de preferência é definida através das comparações aos pares de alternativas por: aPb se $f(a) > f(b)$; aIb se $f(a) = f(b)$.

Sendo f um critério particular de avaliação a ser minimizado e a, b duas alternativas possíveis. P e I denotam respectivamente preferência e indiferença.

Brans *et. al.* (1986) consideram seis tipos de função de preferência. Braga e Gobetti (2002, p. 398) relatam como deve ser interpretada cada uma das funções expostas a seguir: Tipo I: Não existe preferência entre a e b , somente se $f(a) = f(b)$. Quando esses valores são diferentes, a preferência é toda para a alternativa com o maior valor; Tipo II: Considera-se uma área de diferença constituída de todos os desvios entre $f(a)$ e $f(b)$ menores que q . Para os desvios maiores a preferência é total; Tipo III: A intensidade das preferências aumenta linearmente até o desvio entre $f(a)$ e $f(b)$ alcançar p . Além deste valor, a preferência é total; Tipo IV: Não existem preferências entre a e b , quando o desvio entre $f(a)$ e $f(b)$ não excede q ; entre q e p , é considerado um valor de preferência médio (0,5); depois de p a preferência é total; Tipo V: Entre q e p a intensidade das preferências aumenta linearmente. Fora deste intervalo, as preferências são iguais ao caso anterior; e Tipo VI: A intensidade das preferências aumenta continuamente e sem descontinuidade, ao longo de x . O parâmetro s é a distância entre a origem e o ponto de inflexão da curva.

Verifica-se, segundo os estudiosos, que o método PROMETHEE estabelece uma estrutura de preferência entre as alternativas discretas, tendo uma função de preferência entre as alternativas para cada critério. Essa função indica a intensidade da preferência de uma

alternativa em relação à outra, com o valor variando entre 0 (indiferença) e 1 (preferência total).

Após a comparação paritária entre as alternativas e os critérios, é necessário analisar os fluxos positivos e negativos das avaliações. As etapas desta análise são destacadas por Morais e Almeida (2006):

- I. $\Pi(a,b)$ é o grau de sobreclassificação de a em relação a b , também chamado de intensidade de preferência multicritério. É calculado por:

$$\Pi(a,b) = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n w_j F_j(a,b) \quad \text{onde, } W = \sum_{j=1}^n w_j$$

- II. $\Phi^+(a)$ é chamado de fluxo de saída e representa a média de todos os graus de sobreclassificação de a , com respeito a todas as outras alternativas. É dado pela expressão:

$$\Phi^+(a) = \sum_{b \in A} \frac{\Pi(a,b)}{n-1}$$

Quanto maior $\Phi^+(a)$, melhor a alternativa.

- III. $\Phi^-(a)$ é chamado de fluxo de entrada, representando a média de todos os graus de sobreclassificação de todas as outras alternativas sobre a . É dado pela expressão:

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \in A} \frac{\Pi(b,a)}{n-1}$$

Quanto menor $\Phi^-(a)$, melhor é a alternativa.

- IV. $\Phi(a)$ é chamado de fluxo líquido de sobreclassificação e representa o balanço entre o poder e a fraqueza da alternativa. Quanto maior $\Phi(a)$, melhor a alternativa. É dado pela expressão:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

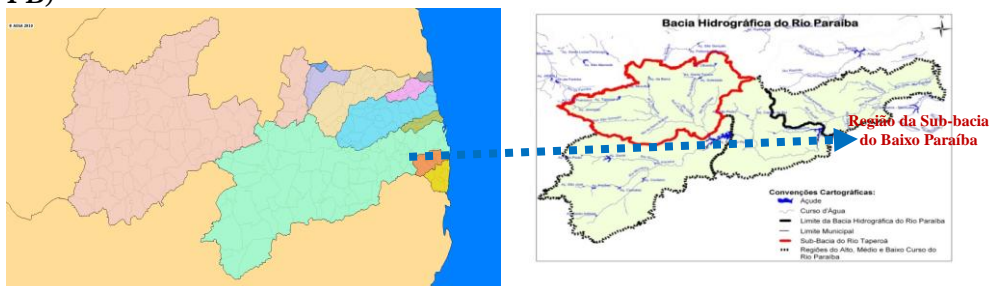
Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho consistiram em uma pesquisa documental e exploratória, na qual fez o uso da análise multicritério (Método Promethee II), um dos métodos da família francesa de apoio à decisão. O método Promethee II foi escolhido por ser capaz de contribuir para a análise da problemática em questão da sustentabilidade hidroambiental dos municípios

analisados e ser um método não compensatório, que favorece alternativas bem balanceadas.

Os municípios estudados localizam-se na região da sub-bacia hidrográfica do baixo curso do Rio Paraíba, PB. Nesta região (figura 1) estão localizados 30 municípios: Alagoa Grande, Bayeux, Cabedelo, Caldas Brandão, Cruz do Espírito Santo, Fagundes, Gurinhém, Ingá, Itabaiana, Itatuba, João Pessoa, Juarez Távora, Juripiranga, Lagoa Seca, Lucena, Mari, Massaranduba, Mogeiro, Mulungu, Pedras de Fogo, Pilar, Riachão do Bacamarte, Riachão do Poço, Salgado de São Félix, Santa Rita, São José dos Ramos, São Miguel do Taipu, Sapé, Serra Redonda e Sobrado. No estudo foram excluídos 2 municípios (Riachão do Poço e São Miguel do Taipu), devido a falta de informações dos indicadores quando da coleta de dados.

Figura 1: Delimitação da Área de Estudo (Sub-bacia do Rio Piranhas, PB)



Fonte: AESA (2011).

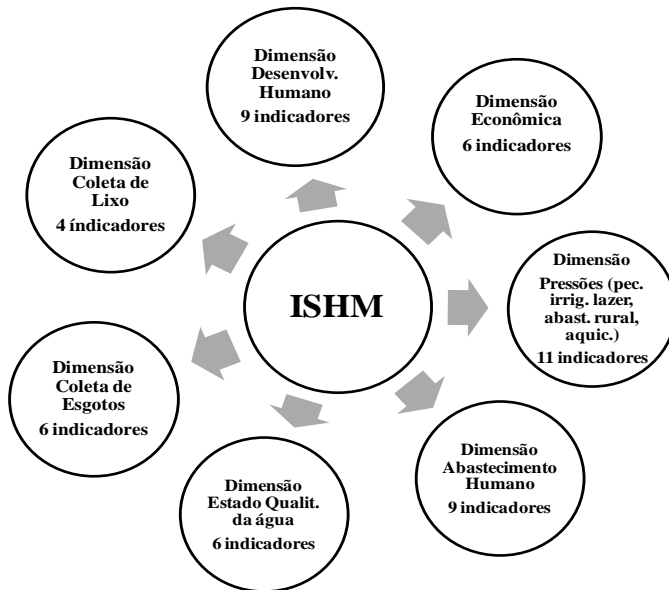
Foram escolhidos 51 indicadores hidroambientais (critérios) de maneira que fosse possível identificar aspectos da sustentabilidade hidroambiental das cidades estudadas, a partir de 7 dimensões e indicadores (conforme figura 2). A justificativa da escolha de cada indicador e de cada dimensão está pautada na relação positiva ou negativa que cada indicador tem com o sistema que foi investigado. Para tanto, e no intuito de normalizar aos indicadores adotados procedeu-se o seguinte raciocínio: 1) se determinado indicador do modelo apresentasse relação positiva (quando maximizasse o valor do indicador resultaria em melhoria do sistema); ou 2) se apresentasse relação negativa (quando maximizasse o valor do indicador resultasse piora do sistema). A definição do sinal, indicando se a relação é positiva ou negativa, foi feita a partir da intuição dos autores da pesquisa e conforme fórmula do quadro 1:

Quadro 1: Relação positiva e negativa para análise dos indicadores

<p>Relação Positiva:</p> $I = \frac{x - m}{M - m}$	<p>Relação Negativa:</p> $I = \frac{M - x}{M - m}$
<p>Onde: I = índice calculado referente a cada variável, para cada território analisado; x = valor observado de cada variável em cada território analisado; m = valor mínimo considerado; M = valor máximo considerado.</p>	

Fonte: Elaboração própria, 2012.

Figura 2: Estrutura do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicritério



Fonte: Elaboração própria, 2012.

Após a escolha das dimensões e dos indicadores foram feitas 4 simulações de modo a identificar a melhor forma de avaliar a sustentabilidade hidroambiental dos municípios analisados. A escolha da melhor simulação se embasou no Teste de Correlação de Spearman (r_{sp}), que de acordo com Pestana e Gageiro (2000), mede a intensidade da relação entre variáveis ordinais e evidencia se a associação entre

elas é positiva ou negativa. O Coeficiente r de Spearman é uma técnica não-paramétrica para avaliar o grau de relacionamento entre observações emparelhadas duas a duas, quando os dados se dispõem em postos ou posições (STEVENSON, 2001).

Após as 4 simulações resolveu-se utilizar uma classificação levando-se em consideração a distribuição do Índice Hidroambiental Multicriterial (Quintis), em cinco grupos distintos: Grupo 1: Insustentável; Grupo 2: Potencialmente Insustentável; Grupo 3: Intermediário; Grupo 4: Potencialmente sustentável; e Grupo 5: Sustentável.

Os softwares que subsidiaram as análises desse estudo foram o Pradin, versão 3.0, o SPSS versão 8.0 e o Microsoft Excel.

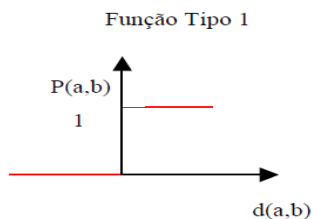
A seguir estão expostos os resultados encontrados em cada simulação, conforme os parâmetros e procedimentos expostos acima.

Apresentação e Discussão dos Resultados

Nessa seção são apresentados os resultados que subsidiaram a construção do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicritério (ISHM). Foram realizadas 4 simulações conforme descrição das etapas a seguir.

Simulação 1

Na primeira simulação foi atribuído pesos iguais para todos os indicadores. A função utilizada foi o critério usual. Nessa função o raciocínio deve ser realizado da seguinte forma: existe indiferença entre duas alternativas a e b , somente se $f(a)=f(b)$; se as avaliações forem diferentes, há preferência estrita pela alternativa de avaliação melhor. Neste caso, não há necessidade de definição de parâmetros. Ou seja, para o caso da pesquisa atribuiu-se 0 se o indicador fosse indiferente ou pior do que aquele que se foi comparado, 1 se o indicador fosse melhor, observe a figura 3.

Figura 3: Função de Preferência utilizada na simulação 1 - Tipo Usual

Fonte: Pesquisa de campo, 2012.

Dessa forma, foram feitas na primeira simulação as comparações entre os indicadores, levando-se em consideração a igualdade entre os pesos dos indicadores e adoção de uma única função de preferência. Na tabela 1, tem-se o resultado da operacionalização do Promethee II que gerou uma hierarquização dos municípios segundo o resultado líquido entre superações e subordinações que as comparações (duas a duas) dos municípios para cada indicador, gerando no caso desse estudo o ISHM (Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicritério).

Como maneira de identificar os indicadores inexpressivos na primeira simulação (baixa correlação entre o indicador e o ISHM) foram calculados a média, o desvio padrão e o coeficiente de correlação para cada um dos indicadores utilizados, possibilitando assim uma avaliação mais detalhada desses indicadores, fornecendo assim, de acordo com Silva e Jannuzzi (2009), subsídios para se realizar alterações (ou não), no conjunto de indicadores (critérios) considerados na avaliação dos municípios, permitindo observar o grau de relação existente entre eles e, conseqüentemente, a coerência na utilização dos mesmos para constituição do índice desse estudo.

Com base na tabela 1, é possível perceber os indicadores menos expressivos (correlação negativa com o ISHM) segundo a análise multicriterial, sejam eles: indicadores 2, 8, 15, 21, 26, 37, 40, 48 e 50. A grande maioria (84%) dos indicadores propostos no modelo apresentou correlações positivas com o ISHM, com destaque para os indicadores 9, 42 e 43 (correlação acima de 80% com o ISHM); 3, 4, 22, 24, 25 e 41 (correlação acima de 70%); 10, 17, 31, 34 e 35 (correlação acima de 60%); e 13, 14, 23, 27, 30 e 39 (acima de 50%), demonstrando a robustez do índice.

Tabela 1: Estatística Descritiva e Correlação dos Indicadores com o Indicador Multicritério

Índice Analítico	Nº	Média	D. Padrão	Correlação
Taxa de Analfabetismo da população de 15 anos ou mais	Ind1	0.368	0.235	0.488
Taxa de Mortalidade Infantil	Ind2	0.55	0.294	-0.106
IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal)	Ind3	0.209	0.245	0.704
Expectativa de Vida ao Nascer	Ind4	0.374	0.281	0.712
Quantidade de estabelecimentos de saúde	Ind5	0.062	0.182	0.442
Taxa de hospitalização por desidratação em menores de 5 anos	Ind6	0.768	0.263	0.056
Taxa de mortalidade infantil por diarreia (por 1.000 nascidos vivos)	Ind7	0.826	0.294	0.034
População coberta pelo Programa de Saúde da Família (PSF)	Ind8	0.536	0.201	-0.173
Relação entre população urbana e rural	Ind9	0.581	0.25	0.811
PIB <i>per capita</i> em reais	Ind10	0.073	0.184	0.603
Receitas de impostos e transferências de recursos	Ind11	0.056	0.183	0.427
Despesa total com saúde	Ind12	0.05	0.184	0.425
Despesa total com saúde por habitante	Ind13	0.229	0.211	0.508
Transferência SUS por habitante	Ind14	0.142	0.204	0.522
Tarifa Média de Água (R\$/m ³)	Ind15	0.452	0.209	-0.606
População total	Ind16	0.061	0.184	0.459
Densidade demográfica	Ind17	0.102	0.255	0.606
Precipitação média anual	Ind18	0.604	0.213	0.432
Consumo médio per capita (l/hab/dia)	Ind19	0.654	0.283	0.325
Índice de atendimento urbano de água (%)	Ind20	0.702	0.277	0.13
Índice de perdas na distribuição (%)	Ind21	0.345	0.283	-0.326
% abastecimento por rede geral	Ind22	0.529	0.265	0.773
% de abastecimento por poço nascente	Ind23	0.54	0.292	0.503
% Outra forma de abastecimento de água	Ind24	0.673	0.237	0.706
Outorga p/irrigação (m ³ /h)	Ind25	0.119	0.245	0.074
Outorga p/abast.rural (m ³ /h)	Ind26	0.099	0.246	-0.113
Outorga p/abast. urbano (m ³ /h)	Ind27	0.091	0.239	0.563
Outro tipo de outorga (m ³ /h)	Ind28	0.038	0.185	0.295
Número de bovinos	Ind29	0.685	0.256	0.46
Número de equinos	Ind30	0.721	0.234	0.508
Número de assininos	Ind31	0.797	0.226	0.624
Números de muares	Ind32	0.781	0.245	0.486
Número de suínos	Ind33	0.558	0.248	0.381
Número de caprinos	Ind34	0.623	0.256	0.679
Número de ovinos	Ind35	0.633	0.307	0.676
% rede sanitária via esgoto	Ind36	0.19	0.251	0.275
% rede sanitária via fossa séptica	Ind37	0.877	0.246	-0.49
% rede sanitária via fossa rudimentar	Ind38	0.377	0.228	0.165
% rede sanitária via vala	Ind39	0.75	0.243	0.53
% rede sanitária via rio ou lago	Ind40	0.88	0.208	-0.507
% que não dispõe de instalação sanitária	Ind41	0.534	0.265	0.752
% de lixo coletado	Ind42	0.534	0.261	0.83
% lixo queimado	Ind43	0.61	0.271	0.806
% lixo enterrado	Ind44	0.846	0.232	0.196

% lixo jogado	Ind45	0.637	0.26	0.411
Índice conformidade da quantidade de amostras - cloro residual %	Ind46	0.73	0.275	0.193
Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	Ind47	0.752	0.272	0.255
Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez %	Ind48	0.809	0.219	-0.252
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	Ind49	0.803	0.237	0.252
Índice conf. quantidade de amostras - coliformes totais %	Ind50	0.615	0.217	-0.271
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão %	Ind51	0.947	0.185	0.16

Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

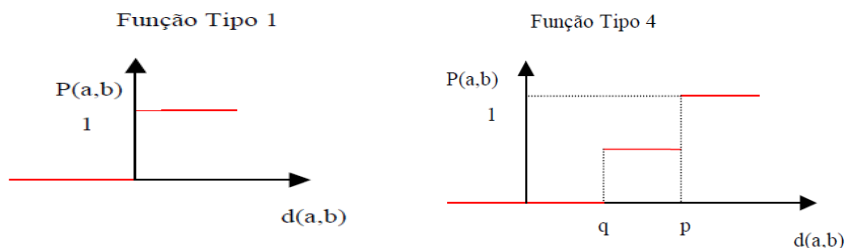
Simulação 2

Depois de detectado que alguns indicadores apresentaram uma correlação negativa com o ISHM (9 indicadores), procedeu-se uma nova comparação paritária, através do Método Promethee II utilizando a mesma função de preferência (Tipo 1 – Critério Usual) e os mesmos pesos dos indicadores da 1ª simulação. O resultado geral após a exclusão dos 9 indicadores demonstram que ocorreram pequenas variações no ISHM, conforme tabela 4.

Simulação 3

Na 3ª simulação foram adotados os mesmos indicadores da 2ª (42 indicadores que apresentaram correlação positiva com o ISHM). Optou-se pela utilização de dois tipos de funções do método Promethee II: 1) Função tipo 1 (Critério Usual) que não há necessidade de definição de parâmetros foi utilizada para os indicadores 6, 10, 11, 12, 16, 17, 24, 25, 27 e 28, visto que estes indicadores quando analisados não apresentaram acentuadas diferenças no seu comportamento⁴; e 2) Função tipo 4 (Critério de Nível com área de indiferença e preferência), utiliza os limiares de indiferença e preferência estrita, q e p respectivamente para os outros 32 indicadores. Se $d(a,b)$ estiver entre q e p , existe preferência fraca pela alternativa a ; se $d(a,b)$ for menor que q , existe indiferença e se for maior que p , há preferência estrita pela alternativa a . Observe a figura 4 e tabela 2.

⁴ Essa análise foi feita a partir da construção de um gráfico de dispersão individual de cada indicador, na tentativa de analisar a variação no comportamento de cada variável em relação aos municípios. Os gráficos que subsidiaram essa análise se encontram com os autores. Optou-se pela não inclusão neste artigo em função da limitação de espaço.

Figura 4: Funções utilizadas na 3ª simulação

Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

Na tabela 2, constam os pesos de cada um dos indicadores adotados nessa simulação, a função de preferência e os respectivos limiares.

Tabela 2: Funções, pesos e limiares adotados na simulação 3

Indicador	Peso	Função	q	p	Indicador	Peso	Função	q	p
Ind1	0.0238	Tipo 4	20	40	Ind27	0.0238	Tipo 1	0	0
Ind3	0.0238	Tipo 4	10	20	Ind28	0.0238	Tipo 1	0	0
Ind4	0.0238	Tipo 4	20	25	Ind29	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind5	0.0238	Tipo 4	40	60	Ind30	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind6	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind31	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind7	0.0238	Tipo 4	25	30	Ind32	0.0238	Tipo 4	40	60
Ind9	0.0238	Tipo 4	25	40	Ind33	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind10	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind34	0.0238	Tipo 4	20	30
Ind11	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind35	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind12	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind36	0.0238	Tipo 4	10	20
Ind13	0.0238	Tipo 4	10	15	Ind38	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind14	0.0238	Tipo 4	10	15	Ind39	0.0238	Tipo 4	50	60
Ind16	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind41	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind17	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind42	0.0238	Tipo 4	30	40
Ind18	0.0238	Tipo 4	40	50	Ind43	0.0238	Tipo 4	20	40
Ind19	0.0238	Tipo 4	40	60	Ind44	0.0238	Tipo 4	80	85
Ind20	0.0238	Tipo 4	30	40	Ind45	0.0238	Tipo 4	40	60
Ind22	0.0238	Tipo 4	20	30	Ind46	0.0238	Tipo 4	40	65
Ind23	0.0238	Tipo 4	30	40	Ind47	0.0238	Tipo 4	40	55
Ind24	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind49	0.0238	Tipo 4	50	60
Ind25	0.0238	Tipo 1	0	0	Ind51	0.0238	Tipo 4	40	60

Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

Simulação 4

Na simulação 4 adotou-se os mesmos procedimentos da simulação 3 modificando os pesos dos indicadores (intuitivamente e a partir do *feeling* dos pesquisadores desse estudo) conforme a tabela 3. Atribuíram-se pesos diferentes na tentativa de analisar o efeito dessa mudança. Os pesos estão expostos na tabela 4. As análises da simulação 4 foram incluídas e comparadas com as simulações 1, 2 e 3.

Tabela 3: Pesos atribuídos aos indicadores utilizados na simulação 4

Pesos dos indicadores	Indicadores	Quantidade
0.0110	5	1
0.0166	1, 12, 13, 14,	4
0.0221	3, 4, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 24, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 43, 44 e 45	18
0.276	6, 7, 19, 20, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 36, 38, 39, 41, 42, 46, 47, 49 e 51	19
Total de indicadores		42

Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

Sumário das Simulações

No intuito de analisar o efeito de cada uma das escolhas realizadas nas etapas metodológicas, expostas no quadro abaixo, para cômputo do indicador multicritério, foram sintetizadas as quatro simulações, usando os indicadores do modelo, com a finalidade de observar o efeito das variações. Na primeira simulação foram definidos 51 indicadores (das sete dimensões), com pesos iguais e função de preferência tipo I (critério usual). Após a avaliação dos resultados dessa primeira simulação, decidiu-se pela realização de novas simulações adotando os parâmetros diferentes de modo a obter tal efeito, seguindo as diretrizes que estão sintetizadas no quadro 2.

Quadro 2: Sumário das simulações realizadas para cômputo do indicador multicritério

Etapas	1ª simulação	2ª simulação	3ª simulação	4ª simulação
Indicadores utilizados	51	42	42	42
Peso dos indicadores	Iguais	Iguais	Iguais	Pesos diferentes
Função de preferência	Tipo I Critério Usual	Tipo IV Critério de nível com área de indiferença e preferência	Tipo I e Tipo IV	Tipo I e Tipo IV
Efeito analisado	-	Retirada de 9 indicadores não correlacionados – posicionamento dos municípios no <i>ranquing</i>	Efeitos da Flexibilização da função de preferência em relação a 2ª simulação – posição dos municípios no <i>ranquing</i>	Efeitos da Flexibilização da função de preferência em relação a 2ª simulação e atribuição de pesos diferentes aos indicadores – posição dos municípios no <i>ranquing</i>

Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

Expostos tais parâmetros de cada simulação, resolveu-se analisar o Índice Hidroambiental Multicriterial (Quintis), em cinco grupos distintos, conforme tabela 5: **Insustentável, Potencialmente Insustentável, Intermediário, Potencialmente sustentável e Sustentável.**

Assim, quando se compara a simulação 2 com a simulação 1, é possível observar, após a exclusão dos indicadores de menor correlação, o efeito da retirada dos mesmos, ou seja, se existiria grande impacto para mensurar o Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicriterial. Nesse sentido, se observa na comparação da 2ª simulação com a 1ª que não houve alteração significativa na ordem relativa dos municípios em relação os grupos, já que apenas dois municípios (7,14%) modificaram suas posições (Riachão de Bacamarte e Gurinhém). Outro aspecto importante dessa comparação refere-se ao fato de que 11 cidades mantiveram sua posição no *ranking* (Mulungu, Ingá, Juarez Távora, Mari, Sapé, Pedras de Fogo, Lucena, Bayeux, Santa Rita, João Pessoa e Cabedelo), 39,28% da amostra. Isto pode ser

atribuído ao fato dos indicadores utilizados serem fortemente correlacionados com o ISHM e entre si. Ver tabela 4.

Comparando-se a 2ª simulação com a 3ª simulação se verifica que 28,57% dos municípios modificaram sua localização em relação aos grupos (Itatuba, Gurinhém, Caldas Brandão, Ingá, Juripiranga, Mari, Pilar e Alagoa Grande). Os demais mantiveram-se com os mesmos níveis de performance hidroambiental (posição entre os grupos).

Na comparação da 3ª simulação com a 4ª observa-se que apenas 4 municípios modificaram sua posição dentro dos grupos (Sobrado, São José dos Ramos, Pilar e Juripiranga). Se observa que as posições de Cabedelo, João Pessoa, Santa Rita, Bayeux Lucena e Juarez Távora não apresentaram mudanças em suas posições em nenhuma das simulações, tanto em termos de posições no *ranking* dos municípios como nas posições dentro dos grupos.

O *ranking* da comparação entre a 4ª simulação e a 3ª mostra que 13 municípios não modificaram sua posição no *ranking*. Os seis primeiros apresentam melhor ISHM. Observe que as variações nas posições foram bem pequenas como é o caso de Sapé por exemplo que permutou com Pedras de Fogo a 7ª e a 8ª posições; Ingá e Lagoa Seca permutaram a 14ª e 15ª posições; Sobrado, Itatuba e São José dos Ramos disputaram as posições 22ª, 23ª e 24ª, Mogeiro e Salgado de São Félix permutaram as posições 26ª e 27ª.

Os resultados dessas duas simulações mostram-se como os mais consistentes devido a terem apresentado menores variações. Do exposto, obteve-se a posição dos municípios da área geográfica em estudo, quando analisadas em conjunto as 4 simulações demonstram que 5 municípios ficaram na mesma posição em todos os cenários (Bayeux, Cabedelo, João Pessoa, Juarez Távora, Lucena e Santa Rita); Nas simulações 3 e 4, 13 municípios mantiveram-se na mesma posição (Bayeux, Cabedelo, Caldas Brandão, Fagundes, Gurinhém, Itabaiana, João Pessoa, Juarez Távora, Lucena, Massaranduba, Mulungu, Riachão de Bacamarte e Santa Rita); Comparando-se as simulações 1 e 2, se observa que 11 municípios ficaram com mesmo desempenho (posição) quando comparado com os demais (Bayeux, Cabedelo, Ingá, João Pessoa, Juarez Távora, Lucena, Mari, Mulungu, Pedras de Fogo, Santa Rita e Sapé); Quando se compara as simulações 1 e 4, se percebe que 8 municípios não modificam seu desempenho (Bayeux, Cabedelo, João Pessoa, Juarez Távora, Lucena, Pilar, Santa Rita, Serra Redonda). Esse cenário nos leva a reconhecer que as melhores simulações são a 3ª e 4ª, devido a maior quantidade de municípios que não alteraram o seu ranqueamento.

Tabela 5: Agrupamento dos Municípios segundo o ISHM – Tipo Quintis: Todas as simulações

1ª simulação				2ª simulação				3ª simulação				4ª simulação			
Grupo: 1 - Insustentável				Grupo: 1 - Insustentável				Grupo: 1 - Insustentável				Grupo: 1 - Insustentável			
Municípios	ISHM	Escore	Pos	Municípios	ISHM	Escore	Pos	Municípios	ISHM	Escore	Pos	Municípios	ISHM	Escore	Pos
Salgado de São Félix	-0.2970	0.0	28	Fagundes	-0.3845	0	28	Massaranduba	-0.3413	0.0	28	Massaranduba	-0.3188	0.0	28
Fagundes	-0.2723	3.2	27	Mogiço	-0.3677	1.6	27	Salgado de São Félix	-0.3355	0.7	27	Mogiço	-0.3122	0.8	27
Massaranduba	-0.2687	3.7	26	Salgado de São Félix	-0.3518	3.1	26	Mogiço	-0.2817	6.9	26	Salgado de São Félix	-0.2941	3.0	26
São José dos Ramos	-0.2215	9.8	25	Massaranduba	-0.3421	4	25	Fagundes	-0.2681	8.5	25	Fagundes	-0.2752	5.3	25
Riachão de Bacamarte	-0.2077	11.6	24	São José dos Ramos	-0.2857	9.3	24	São José dos Ramos	-0.2284	13.1	24	Itatuba	-0.2194	12.1	24
Mogiço	-0.1954	13.2	23	Gurinhém	-0.254	12.3	23	Itatuba	-0.2200	14.1	23	Sobrado	-0.2087	13.4	23
Grupo 2 - Potencialmente insustentável				Grupo 2 - Potencialmente insustentável				Grupo 2 - Potencialmente insustentável				Grupo 2 - Potencialmente insustentável			
Gurinhém	-0.1852	14.5	22	Itatuba	-0.2346	14.1	22	Sobrado	-0.2147	14.7	22	São José dos Ramos	-0.1846	16.3	22
Itatuba	-0.1721	16.2	21	Riachão de Bacamarte	-0.231	14.4	21	Gurinhém	-0.1830	18.4	21	Gurinhém	-0.1722	17.8	21
Sobrado	-0.1169	23.4	20	Serra Redonda	-0.1746	19.7	20	Riachão de Bacamarte	-0.1512	22.1	20	Riachão de Bacamarte	-0.1411	21.6	20
Serra Redonda	-0.1082	24.5	19	Sobrado	-0.157	21.4	19	Mulungu	-0.1437	22.9	19	Mulungu	-0.1282	23.2	19
Mulungu	-0.1038	25.1	18	Mulungu	-0.1481	22.2	18	Serra Redonda	-0.1349	24.0	18	Serra Redonda	-0.1240	23.7	18
Ingá	-0.0799	28.2	17	Ingá	-0.0758	29	17	Caldas Brandão	-0.0732	31.1	17	Caldas Brandão	-0.0562	31.9	17
Grupo 3 - Intermediário				Grupo 3 - Intermediário				Grupo 3 - Intermediário				Grupo 3 - Intermediário			
Juarez Távora	-0.0690	29.6	16	Juarez Távora	-0.0705	29.5	16	Juarez Távora	-0.0520	33.6	16	Juarez Távora	-0.0350	34.5	16
Lagoa Seca	-0.0428	33.0	15	Cruz do Espírito Santo	-0.0414	32.2	15	Lagoa Seca	-0.0216	37.1	15	Ingá	-0.0265	35.6	15
Cruz do Espírito Santo	-0.0015	38.4	14	Caldas Brandão	-0.0185	34.4	14	Ingá	-0.0181	37.5	14	Lagoa Seca	-0.0121	37.3	14
Alagoa Grande	0.0189	41.0	13	Lagoa Seca	-0.0176	34.5	13	Cruz do Espírito Santo	-0.0053	39.0	13	Mari	0.0168	40.8	13
Caldas Brandão	0.0276	42.2	12	Pilar	0.0335	39.3	12	Juripiranga	0.0375	44.0	12	Cruz do Espírito Santo	0.0205	41.3	12
Pilar	0.0298	42.5	11	Alagoa Grande	0.0503	40.8	11	Mari	0.0564	46.2	11	Pilar	0.0457	44.3	11
Grupo 4 - Potencialmente sustentável				Grupo 4 - Potencialmente sustentável				Grupo 4 - Potencialmente sustentável				Grupo 4 - Potencialmente sustentável			
Mari	0.0886	50.1	10	Mari	0.0785	43.5	10	Pilar	0.0648	47.2	10	Alagoa Grande	0.0479	44.6	10
Sapé	0.0893	50.2	9	Sapé	0.0908	44.7	9	Alagoa Grande	0.0714	47.9	9	Juripiranga	0.0491	44.7	9
Itabaiana	0.1271	55.1	8	Juripiranga	0.1146	46.9	8	Pedras de Fogo	0.1442	56.4	8	Sapé	0.1012	51.1	8
Juripiranga	0.1307	55.6	7	Itabaiana	0.1649	51.6	7	Sapé	0.1495	57.0	7	Pedras de Fogo	0.1184	53.2	7
Pedras de Fogo	0.1786	61.8	6	Pedras de Fogo	0.1737	52.4	6	Itabaiana	0.1878	61.4	6	Itabaiana	0.1853	61.3	6
Lucena	0.2389	69.6	5	Lucena	0.313	65.5	5	Lucena	0.1887	61.5	5	Lucena	0.2039	63.6	5
Grupo 5 - Sustentável				Grupo 5 - Sustentável				Grupo 5 - Sustentável				Grupo 5 - Sustentável			
Bayeux	0.2847	75.6	4	Bayeux	0.4515	78.5	4	Bayeux	0.3426	79.4	4	Bayeux	0.3543	81.9	4
Santa Rita	0.2992	77.4	3	Santa Rita	0.4533	78.7	3	Santa Rita	0.3946	85.5	3	Santa Rita	0.3803	85.0	3
João Pessoa	0.3558	84.8	2	João Pessoa	0.5511	87.9	2	João Pessoa	0.5154	99.5	3	João Pessoa	0.4815	97.3	3
Cabedelo	0.4728	100.0	1	Cabedelo	0.6799	100	1	Cabedelo	0.5198	100.0	1	Cabedelo	0.5034	100.0	1

Destaque: comparação 2 x 1

Destaque: comparação 3 x 2

Destaque: comparação 4 x 3

Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

No intuito de identificar qual a melhor simulação dentre os 4 cenários, visto que cada um apresenta vantagens e desvantagens em relação a posição dos municípios (dependendo dos critérios de análises

definidos), procedeu-se o Teste de Correlação de Spearman (r_{sp}) com vistas a medir a intensidade da relação entre variáveis ordinais e evidenciar se a associação entre elas foi positiva ou negativa. Dessa forma, e observando os resultados da tabela 6, se verifica que a simulação 4 é superior as demais quando se compara duas a duas. Na primeira comparação (4ª simulação com a 1ª simulação) o $r_{sp} = 0.605$ (demonstrando sua superioridade em relação as outras comparações), veja que quando se compara o r_{sp} da simulação 2 com a 1 ($r_{sp} = 0.599$), o que evidencia que a 2ª é superior a 1 e a 3, porém não é superior a 4. De maneira análoga quando se compara com a 2ª ($r_{sp} = 0.975$) e 3ª ($r_{sp} = 0.992$). Esses resultados leva-nos a reconhecer a superioridade da 4ª simulação, e conseqüentemente a sua escolha na definição do *ranking* dos municípios analisados em relação ao índice (ISHM). Os resultados dessa análise podem ser visualizados no gráfico 4.

Tabela 6: Teste de Correlação de Spearman para todas as simulações

	ISHM 1	ISHM 2	ISHM 3	ISHM 4	
ISHM 1	Coeficiente de				
	Correlação	1.000	0.599	0.564	0.605
	Sig.	.	0.001	0.002	0.001
	N	28	28	28	28
ISHM 2	Coeficiente de				
	Correlação	0.599	1.000	0.973	0.975
	Sig.	0.001	.	0.000	0.000
	N	28	28	28	28
ISHM 3	Coeficiente de				
	Correlação	0.564	0.973	1.000	0.992
	Sig.	0.002	0.000	.	0.000
	N	28	28	28	28
ISHM 4	Coeficiente de				
	Correlação	0.605	0.975	0.992	1.000
	Sig.	0.001	0.000	0.000	.
	N	28	28	28	28

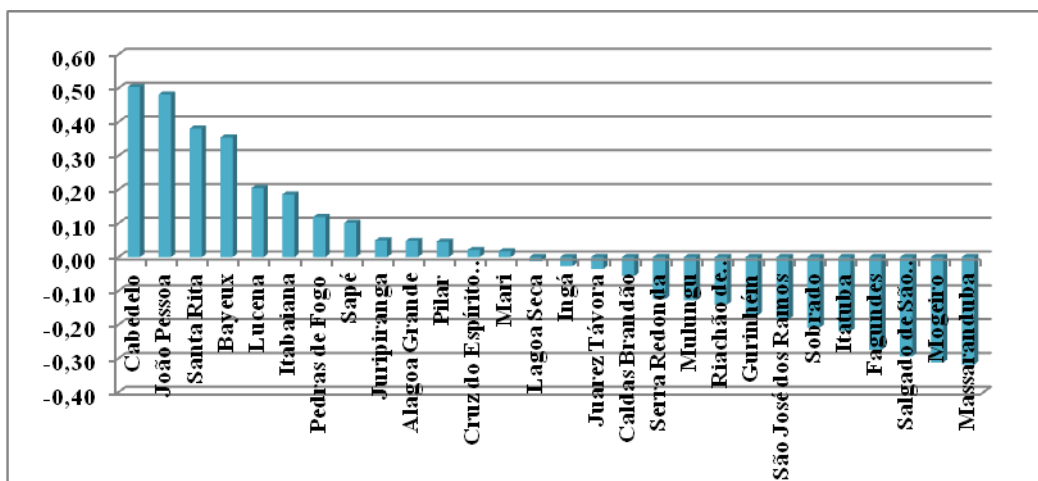
Correlação significativa (sig.) ao nível de 0,01

Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

Seguindo o critério da 4ª simulação observa-se que os municípios com melhores *performances* (sustentáveis) foram Cabedelo, João Pessoa, Santa Rita e Bayeux, seguido das *performances* potencialmente sustentáveis dos municípios de Lucena, Itabaina,

Pedras de Fogo, Sapé, Juripiranga e Alagoa Grande. Nas *performances* intermediárias encontram-se os seguintes municípios: Pilar, Cruz do Espírito Santo, Mari, Lagoa Seca, Ingá e Juarez Távora.

Gráfico 4: Desempenho geral dos municípios – Simulação 4 de maior correlação



Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

As *performances* potencialmente insustentáveis foram dos municípios de Caldas Brandão, Serra Redonda, Mulungu, Richão de Bacamarte, Gurinhém e São José dos Ramos. Finalmente com as *performances* insustentáveis se apresentam os municípios de Sobrado, Itatuba, Salgado de São Félix, Mogero e Massaranduba.

Considerações Finais

Através da aplicação do método Promethée II no estudo de caso percebe-se que este método apresenta sensibilidade à variação dos parâmetros utilizados devido aos tipos de critérios gerais adotados pelo método.

Os resultados demonstram que a aplicabilidade do modelo Promethée II como método para definição de uma escala de avaliação – ou indicador - das condições de sustentabilidade hidroambiental nos municípios. Notadamente, se observa a possibilidade de se introduzir vários indicadores, por diferentes agentes decisores, com estruturas de ponderação específicas dos pesos dos indicadores, os recursos de

simulação de diferentes alternativas conferem às técnicas AMD – ao modelo Promethee II em particular – características interessantes ou até mesmo vantagens comparativas em relação aos procedimentos que vêm sendo aplicados na construção de indicadores sintéticos de avaliação de políticas públicas ou indicadores de sustentabilidade hidroambiental. Tais resultados também podem ser respaldados por Silva e Jannuzzi (2009) quando propuseram um índice de condições de vida para a Baixada Fluminense.

Do ponto de vista metodológico, as soluções da análise multicritério incorporam em sua medida final de ordenamento todos os critérios usados e que se apresentam mais balanceadas que as medidas obtidas pela média, isto é, as alternativas que superam as demais com maior frequência tendem a ser melhor posicionadas na escala de ordenamento. Carvalho *et. al.* (2011) evidenciou a fragilidade em adotar a média como medida para construir o índice de sustentabilidade hidroambiental o que se constitui como uma contribuição desse estudo.

Torna-se relevante ressaltar que o modelo foi desenvolvido com a finalidade principal de propor e validar o emprego da metodologia, limitando-se à priorização dos municípios estudados. De maneira geral, é interessante ressaltar que possivelmente outros indicadores poderiam ter sido considerados na análise, como também outras alternativas de solução incorporadas, o que obviamente modificaria o resultado final da análise, bem como sua fragilidade na obtenção dos pesos dos indicadores.

A limitação do estudo concentra-se no fato de que existem muitas limitações na construção de um índice de sustentabilidade ambiental e ainda algumas arbitrariedades, dentre elas, se será um indicador constituído por várias dimensões ou apenas uma, bem como qual (is) dimensão (ões) entrará (ão) na composição do indicador e de seus pesos, configurando-se como passos arbitrários pela razão de não existir dimensões, pesos e índices impostos pela sociedade, conforme argumentam Dutt-Ross *et. al.* (2010), Carvalho *et. al.* (2011).

A contribuição do estudo se configura como uma ferramenta importante que pode está sendo utilizada pela gestão pública em busca de direcionar melhor suas ações de investimento em contextos que necessitam de maior atenção e discussão por parte de todos os atores sociais e institucionais. Resultados mais consistentes podem ser obtidos desde que seja incluída a participação dos atores sociais na ponderação e escolha dos indicadores, ou ainda no uso de outras funções de preferência que o método Promethee adota.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro que possibilitou a realização desta pesquisa.

Referências

ABERS, Rebecca; JORGE, Karina Dino. *Descentralização da Gestão da Água: Por que os comitês de bacia estão sendo criados?* **Revista Ambiente & Sociedade**, vol. VIII n.º. 2 jul./dez. 2005, p. 27.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br. Acesso em 29 fev. 2012.

ALMEIDA, Adiel Teixeira de; COSTA, Ana Paula C. Seixas. *Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Sistemas de Informação com base no Método Promethee*. **Revista Gestão da Produção**, v.9, n.2, pp.201-214, ago. 2002.

ARAÚJO, Afrânio Galdino de; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. *Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE*. **Revista Gestão da Produção**, vol.16, n.4, 2009, pp. 534-543.

BARROSO, Lidiane Bittencourt; GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro. *Redução de Vazamentos em um Setor de Distribuição de Água de Santa Maria-RS*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 15, n.2, abr/jun, 2010, pp. 27-36.

BRAGA, Benedito; GOBETTI, Lucas. *Análise Multiobjetivo*. In.: *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*. (Org) Rubem La Laina Porto *et. al.* 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002, pp. 361-418.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H.; MARESCHAL, B. *How to select and how to rank project: The PROMETHEE method*. **European Journal of Operational Research**. v. 24, 1986, pp. 228-238.

CARVALHO, José Ribamar M. de; CURI, Wilson F.; ARAÚJO CARVALHO, Enyedja K. M. A.; CURI, Rosires C. *Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental: Um Estudo na Região do Alto Curso*

do Rio Paraíba, PB. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 23 n. 2, maio/ago, 2011, pp. 295-310.

CIRILO, José Almir. *Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido*. **Revista de Estudos Avançados**. Universidade de São Paulo, vol.22, n.63, 2008, pp. 61-82.

DUTT-ROSS, Steven; RIBEIRO, Rodrigo Otávio de Araújo; SANT'ANNA, Annibal P. *Ranking de Municípios para Políticas Públicas de Educação: Comparação entre Avaliações Multicritério a partir do IDH*. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v.2, n.2, maio a agosto de 2010, p. 156-169.

GOMES, Luiz F. A. Monteiro; ARAYA, Marcela C. González; CARIGNAMO, Cláudia. *Tomada de Decisão em Cenários Complexos. Introdução aos Métodos Discretos do Apoio Multicritério à Decisão*. Tradutora Técnica Marcella Cecília Gonzáles Araya. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004, p. 168.

JANNUZZI, Paulo de Martino; MIRANDA, Wilmer Lázaro de; SILVA, Daniela Santos Gomes da. *Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações*. **Revista Informática Pública**, ano 11 (1) 69 – 87, 2009.

MARANHÃO, Ney. *Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007, 422 p.

MORAIS, Danielle Costa; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. *Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água*. **Pesquisa Operacional**, vol. 26, nº 3, Rio de Janeiro/RJ, set./dez. 2006, pp. 567-584.

PESTANA, Maria Helena; GAGEIRO, João Nunes. *Análise de Dados para Ciências Sociais: A Complementaridade do SPSS*. 2. ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2000.

QUI, Zeyuan. *Using Multi-Criteria Decision Models to Assess the Economic and Environmental Impacts of Farming Decisions in an Agricultural Watershed*. **Review of Agricultural Economics**, vol. 27, number 2, 2005, pp. 229-244.

SILVA, Daniela Santos Gomes da; JANNUZZI, Paulo de Martino. *O uso da Análise Multicritério na construção de um indicador de Condições de Vida: Estudo para a Baixada Fluminense*. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.4, n.2, maio a agosto de 2009, pp.122-135.

STEVENSON, Willian J. *Estatística Aplicada à Administração*. Tradução: Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Editora Harbra, 2001.

VIEIRA, Paulo Freire.; WEBER, Jacques. *Introdução Geral: Sociedades, Naturezas e Desenvolvimento Viável*. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Orgs.). *Gestão de Recursos Naturais Renováveis e Desenvolvimento: Novos Desafios para a Pesquisa Ambiental*. Tradução Anne Sophie de Pontbriand Vieira, Christilla de Lassus. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2002, pp. 17-49.

WENG, S. Q.; HUANG, G. H.; LI, Y. P. *An integrated scenario-based multi-criteria decision support system for water resources management and planning – A case study in the Haihe River Basin*. *Expert Systems with Applications* 37, 2010, pp. 8242-8254. Disponível em: www.elsevier.com/locate/eswa. Acesso em: 04 out. 2011.