

SISTEMA DE INDICADORES PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM MUNICÍPIOS: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO E MULTIDECISOR

JOSÉ RIBAMAR MARQUES DE CARVALHO
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
profribamar@gmail.com

WILSON FADLO CURI
Universidade Federal de Campina Grande
wfcuri@gmail.com

Ao CNPq pelo apoio concedido na realização do estudo para a obtenção do título de doutor pelo PPGRN/UFCG.

Área Temática: Gestão Ambiental

SISTEMA DE INDICADORES PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM MUNICÍPIOS: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO E MULTIDECISOR

RESUMO

A gestão dos recursos hídricos se apresenta como um processo complexo, de difícil planejamento e gerenciamento, principalmente por que se trata de um cenário em que estão envolvidos vários objetivos, participantes, conflitos, critérios e alternativas de decisão. Nesse sentido, o presente estudo objetiva propor uma metodologia baseada no método multicritério PROMETHEE II e no método multidecisor de Copeland composta por indicadores de gestão dos recursos hídricos capaz de medir a *performance* de municípios. Classifica-se quanto à natureza (pesquisa aplicada), quanto aos objetivos (exploratória e descritiva), quanto aos procedimentos (bibliográfica, documental e *Ex-post Facto*), quanto à abordagem do problema (quantitativa e qualitativa). Os resultados encontrados através da ferramenta permitem auxiliar gestores públicos e demais partes interessadas a visualizar um núcleo de alternativas viáveis para a solução de problemas relacionados à gestão dos recursos hídricos em municípios inerentes a fontes de água, demandas de água, gestão da água, gestão das cidades em relação à água, impactos sociais, econômicos e ambientais e preservação ambiental.

Palavras-chave: Gestão de Recursos Hídricos; Análise Multicritério; Análise Multidecisor.

ABSTRACT

The management of water resources is presented as a complex, difficult planning and management, mainly because it is a scenario in which multiple objectives are involved, participants, conflicts, criteria and decision alternatives. Accordingly, this study aims to propose a methodology based on multicriteria method PROMETHEE II and multidecisor method Copeland composed of indicators for the management of water resources capable of measuring the performance of municipalities. Are classified according to type (applied research) as to the objectives (exploratory and descriptive) as to the procedures (bibliographic, documentary and Ex-Post Facto), on the approach of the problem (quantitative and qualitative). The results obtained through the auxiliary tool allows public managers and other stakeholders to visualize a core of viable alternatives for solving problems related to water resources management in municipalities inherent to water sources, water demand, water management, management of cities in relation to water, social, economic and environmental impacts and environmental preservation.

Keywords: Water Resources Management; Multicriteria analysis; Multidecisor analysis.

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos se apresenta como um processo complexo, de difícil planejamento e gerenciamento, principalmente por que se trata de um cenário em que estão envolvidos vários objetivos, participantes, conflitos, critérios e alternativas de decisão.

Para Weng, Huang e Li (2010), a gestão dos recursos hídricos é uma questão complicada, porque envolvem aspectos socioeconômicos, impactos ambientais, fatores

naturais e humanos, bem como as características locais normalmente caracterizadas por diversas incertezas hidrológicas associadas, entradas exógenas e padrões de demanda humana.

No Brasil, as demandas de água têm crescido significativamente nas últimas décadas, devido ao processo de desenvolvimento econômico, ao incremento dos contingentes populacionais e à quantificação, cada vez mais fundamentada, das necessidades ambientais. Por sua vez, as limitadas disponibilidades hídricas são caracterizadas pela distribuição geográfica e temporal, por vezes inadequada ao atendimento às demandas (LOPES; FREITAS, 2007).

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.

Especificamente no Polígono das Secas, existe um regime pluviométrico marcado por grande anormalidade de chuvas. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população.

Diante dessas situações no contexto da gestão dos recursos hídricos emerge 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 estratégias de gestão pública.

Dessa forma, o uso de indicadores para a avaliação de municípios, e em especial na gestão de recursos hídricos, tem possibilitado identificar entraves relacionados a políticas públicas que envolvam aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Nesse sentido, e apesar de existir inúmeras metodologias (ferramentas) que foram desenvolvidas para dar suporte aos processos de decisão em recursos hídricos, entende-se que existem lacunas a serem preenchidas, ou seja, ausência de uma metodologia que possa ser considerada prática o suficiente e capaz de englobar várias dimensões e indicadores, por meio da inserção dos atores sociais na ponderação e hierarquização das variáveis, como forma de identificar necessidades e relevâncias em contextos específicos da gestão hídrica.

Sendo assim, a formulação de uma metodologia baseada em índices e indicadores focados na caracterização de sistemas hídricos em municípios através de critérios, 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.

Expostos tais argumentos e dada à importância da temática no contexto da gestão hídrica, emerge a seguinte situação-problema: Como estabelecer uma metodologia baseada na análise multicriterial e multidecisor composta por indicadores de gestão dos recursos hídricos capaz de medir a *performance* de municípios?

Para responder a problemática fica definido o seguinte objetivo: Propor uma metodologia baseada na análise multicriterial e multidecisor composta por indicadores de gestão dos recursos hídricos capaz de medir a *performance* de municípios.

O trabalho apresenta além desta introdução, o referencial teórico, o material e métodos utilizados, resultados e a discussão da pesquisa, considerações finais, além das referências.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDOS RELACIONADOS AO USO DE INDICADORES NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Diversos estudos, metodologias e ferramentas relacionadas ao uso de indicadores foram desenvolvidos no contexto da gestão dos recursos hídricos. A seguir estão expostas algumas dessas experiências.

Autores	Abordagem
He, Malcolm, Dahlberg e Fu (2000)	Sugeriram uma estrutura para desenvolver e testar um conjunto de indicadores hidrológicos e biológicos que refletem a condição de uma bacia hidrográfica.
Magalhães Júnior, Cordeiro Netto e Nascimento (2003).	O trabalho apresenta a síntese dos resultados de um painel Delphi aplicado no país, envolvendo os indicadores mais valorizados e as tendências de pensamento quanto aos principais meios de ação na gestão das águas no país.
Laura (2004)	Desenvolveu um método de modelagem de sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos propiciando a participação dos atores sociais e visando ter maior conhecimento do problema e legitimidade de gestão dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica no estado do Paraná.
Pompermayer, Paula Júnior, Cordeiro Netto (2007)	Propuseram o uso de indicadores de sustentabilidade ambiental, associado às técnicas de análise multicritério, como instrumento de auxílio à gestão de recursos hídricos. A proposta de indicadores selecionada e o método multicritério utilizado (Electre III) demonstraram-se bastante adequados ao caso estudado.
Guimarães (2008)	Desenvolveu uma proposta de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para bacias hidrográficas a ser aplicado no Brasil. Nessa metodologia, a autora propõe um índice agregado com 8 indicadores relacionados à dimensão social, 20 relacionados à dimensão ambiental, 8 de natureza econômica e 4 relacionados à dimensão institucional.
Vieira e Studart (2009)	Propuseram um Modelo de Índice de Sustentabilidade Hidroambiental (ISHA) para Ambientes Serranos no Semiárido do Estado do Ceará do Maciço Baturité, evidenciando a posição relativa e a posição absoluta de cada município dos seguintes índices: Índice Hídrico (8 indicadores), Índice Físico (4 relacionados), Índice Biótico (4 relacionados) e Índice Antrópico (12 indicadores).
Magalhães Júnior (2010)	Sugere uma série de indicadores ambientais potencialmente úteis à gestão da água no Brasil.
Carvalho, Curi, Carvalho e Curi (2011)	Apresentam uma proposta, composta por 51 indicadores, com o objetivo de verificar o nível de sustentabilidade hidroambiental dos municípios localizados na sub-bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba, PB.
Silva, Aureliano e Lucena (2012)	Propuseram de um índice de qualidade de água bruta para abastecimento público no estado do Pernambuco.
Carvalho e Curi (2013)	Estabelecer uma metodologia baseada no uso da análise multicritério capaz de identificar a situação hidroambiental de municípios paraibanos, a partir de 51 indicadores.

Quadro 1 – Experiências desenvolvidas com o uso de indicadores em contextos da gestão de recursos hídricos
Fonte: Elaboração própria com base na literatura consultada (2013).

A partir dos modelos destacados no quadro 1 se observa a necessidade de entender melhor a maneira como tais índices ou indicadores foram propostos no intuito de definir melhores formas de calcular e analisar o contexto gestão hídrica, posto ser uma das características implícitas existentes quando da elaboração de metodologias ou ferramentas que

utilizam indicadores com medidas diferenciadas e que necessitam de mecanismos mais consistentes de mensuração e síntese.

Argumenta-se que uma das ideias do estudo em apreço se constitui em minimizar algumas das deficiências encontradas nos estudos expostos, de modo que possa se buscar uma melhor adequação aos requerimentos dando importância relativa às características intrínsecas e extrínsecas do contexto geográfico estudado, a partir de uma combinação de técnicas multicriterial e multidecisor.

2.2 MÉTODO PROMETHEE – *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*

Os métodos da família PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) objetivam construir relações de sobreclassificação de valores em problemas de tomada de decisão.

De acordo com Behzadian *et al.* (2010), o método PROMETHEE é um dos métodos MCDA mais recentes que foi desenvolvido por Brans (1982) e aperfeiçoado por Vincke e Brans (1985). Brans *et al.* (1986) apresentaram o método PROMETHEE como uma nova classe de métodos de sobreclassificação em análise multicritério. Suas principais características são simplicidade, clareza e estabilidade.

No processo de análise do PROMETHEE, 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; ALMEIDA, 2009).

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) (BRANS *et al.* 1986; ARAÚJO; ALMEIDA, 2009; BEHZADIAN, *et al.* 2010).

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:

$$aPb \text{ se } f(a) > f(b)$$

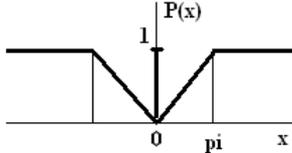
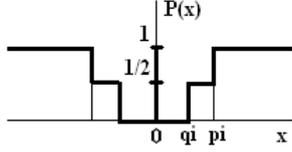
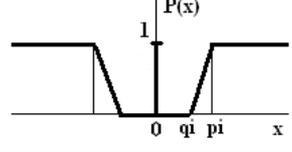
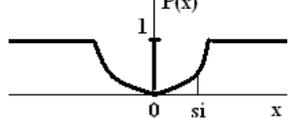
$$aIb \text{ se } f(a) = f(b)$$

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 e na tabela 1:

Tabela 1 – Funções de preferência – Método Promethee

Função para o critério i	Gráfico		Parâmetros necessários
	b P _i a	a P _i b	
Tipo I: Critério Usual $P_I(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i = 0 \\ 1 & \text{se } x_i \neq 0 \end{cases}$			--
Tipo II: Tipo U $P_{II}(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i \leq q_i \\ 1 & \text{se } x_i > q_i \end{cases}$			q_i

<p>Tipo III: Tipo V</p> $P_{III}(x_i) = \begin{cases} x_i /p_i & \text{se } x_i \leq p_i \\ 1 & \text{se } x_i > p_i \end{cases}$		<p>p_i</p>
<p>Tipo IV: Tipo Escada</p> $P_{IV}(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i \leq q_i \\ 1/2 & \text{se } q_i < x_i \leq p_i \\ 1 & \text{se } x_i > p_i \end{cases}$		<p>q_i, p_i</p>
<p>Tipo V: Tipo V com indiferença</p> $P_V(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i \leq q_i \\ (x_i - q_i)/(p_i - q_i) & \text{se } q_i < x_i \leq p_i \\ 1 & \text{se } x_i > p_i \end{cases}$		<p>q_i, p_i</p>
<p>Tipo VI: Tipo Gaussiana</p> $P_{VI}(x_i) = 1 - e^{-\frac{x_i^2}{2s_i^2}}$		<p>s_i</p>

Fonte: Braga e Gobetti (2002).

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), Behzadian *et al.* (2010):

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:

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

onde, $W = \sum_{j=1}^n w_j$

Sendo:

n é o indicador

w_j é o peso do indicador j

$F_j(a,b)$ é a função de preferência, valor que varia de 0 a 1 e representa o comportamento ou atitude do decisor frente as diferenças provenientes da comparação par a par entre as alternativas, para um dado critério, indicando a intensidade da preferência da diferença $g_j(a) - g_j(b)$.

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:

$$\Phi^+(a) = \sum_{b \in A} \frac{\Pi(a,b)}{n-1} \quad (2)$$

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:

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \in A} \frac{\Pi(b,a)}{n-1} \quad (3)$$

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:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (4)$$

Dessa forma, decidiu-se selecionar o método PROMÉTHEE II para trabalhar a problemática do estudo por sua vantagem em requerer uma informação adicional muito clara, que pode ser facilmente obtida e gerenciada tanto pelo decisor como pelo analista destacando suas características intrínsecas relacionadas a objetividade e flexibilidade. Esta informação adicional foi introduzida com a finalidade de captar a amplitude das diferenças entre as avaliações de cada um dos indicadores, enriquecendo a estrutura de preferência dos decisores. Além do mais, é um método flexível, oferecendo dois graus de liberdade ao decisor: o primeiro é relativo à seleção do tipo de função de preferência e o segundo os limiares a definir (BRANS *et al.*, 1986; MORAIS; ALMEIDA, 2006).

Notadamente, se apresenta como um método de fácil entendimento para os tomadores de decisão (GILLIAMS; RAYMAEKERS; MUYS, 2005), capaz de identificar as preferências entre múltiplas decisões (BALLIS; MAVROTAS, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos adotados para o estudo estão classificados da seguinte forma: quanto à natureza (pesquisa aplicada), quanto aos objetivos (exploratória e descritiva), quanto aos procedimentos (bibliográfica, documental e *Ex-post Facto*), quanto à abordagem do problema (quantitativa e qualitativa).

Inicialmente, na **1ª fase**, foram realizadas técnicas de análise sistêmica para estruturar o modelo. Posteriormente, na **2ª fase** foram realizadas várias discussões na etapa de *brainstorm* para selecionar os indicadores e as respectivas dimensões. Assim, nesta etapa foram selecionados 40 indicadores distribuídos em 6 dimensões. Optou-se por selecionar indicadores que estivessem relacionados a aspectos econômicos, sociais e ambientais em relação à gestão dos recursos hídricos dos municípios.

Essa etapa foi essencial para ajustar as fragilidades encontradas em vários testes que foram realizados durante a fase de discussão do modelo e que podem ser encontrados nos estudos de Carvalho *et al.* (2011); Carvalho e Curi (2013).

Os indicadores escolhidos (40 indicadores) foram selecionados após várias discussões que levaram a definição do indicador e dos respectivos parâmetros de escolha (fase de *brainstorm*), conforme retrata a figura 2 e o quadro 2.

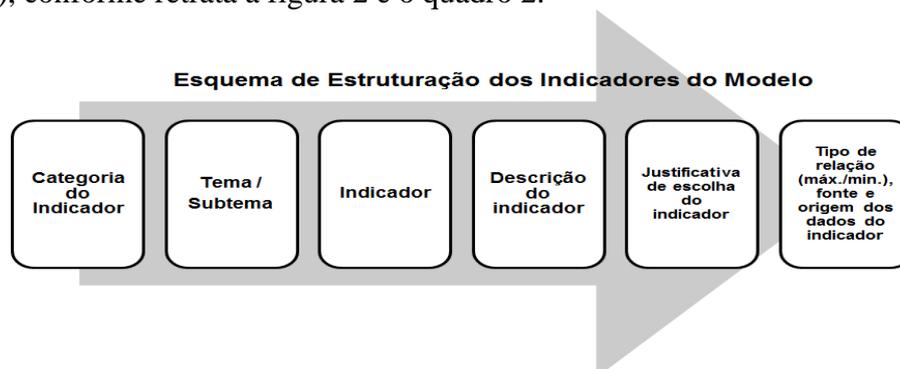


Figura 2 – Estrutura para a Definição dos Indicadores do Modelo¹
Fonte: Elaboração própria, 2013.

Os indicadores do modelo estão distribuídos em seis dimensões conforme retrata o quadro 2.

Fontes de água (8 indicadores)	1.Disponibilidade dos rios; 2.Potencialidade dos reservatórios; 3.disponibilidade dos reservatórios; 4.Potencial de expansão das reservas hídricas; 5.Fração das residências atendidas por poços subterrâneo; 6.Potencial de expansão dos poços subterrâneos;
--------------------------------	---

¹ A estrutura completa do modelo considerando os parâmetros de escolha dos indicadores se encontra com o autor. Tais informações poderão ser disponibilizadas. Optou-se pela não inclusão em razão da limitação de espaço.

	7.Índice de qualidade da água dos poços subterrâneos; 8. Potencial de expansão das cisternas.
Demandas de água (11 indicadores)	9.Consumo <i>per capita</i> de água da população; 10.Consumo relativo de água da bovinocultura com relação ao consumo dos animais do município; 11.Consumo relativo de água da equinocultura; 12.Consumo de água relativo da caprinocultura; 13.Consumo de água da suinocultura; 14.Consumo de água relativo da ovinocultura; 15.Consumo relativo de água por hectares de lavoura permanente; 16.Consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal; 17.Existência de piscicultura no município; 18.Possibilidade de expansão da piscicultura no município; 19.Existência de produção e transmissão de energia hidrelétrica no município.
Gestão da água (6 indicadores)	20.Representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica; 21.Fração da demanda de água outorgada para abastecimento humano; 22.Fração da demanda de água outorgada para irrigação; 23.Fração da demanda de água outorgada para abastecimento rural (exceto irrigação); 24.Índice de atendimento urbano de água; 25.Fração de perdas na distribuição da água.
Gestão das cidades em relação a água (7 indicadores)	26.Percentual da coleta de esgoto no município; 27.Despesa <i>per capita</i> com saúde; 28.Transferências de recursos correntes por habitante; 29.Despesa <i>per capita</i> com saneamento; 30.Despesa <i>per capita</i> com gestão ambiental; 31.Existência de aterro sanitário no município ou fase de discussão/implementação; 32.Fração da população atendida pela coleta de lixo do município.
Impactos sociais, econômicos e ambientais (5 indicadores)	33. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; 34.Doenças transmitidas por veiculação hídrica; 35.PIB <i>per capita</i> ; 36.Susceptibilidade à desertificação; 37.Índice de aridez.
Preservação ambiental (3 indicadores)	38.IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica - 4ª série / 5º ano; 39.Existência de matas ciliares; 40.Existência de reserva legal

Quadro 2– Dimensões e Indicadores do Modelo

Fonte: Elaboração própria, 2013.

Na **3ª etapa** foram coletados os dados secundários e primários do modelo levando em consideração a característica intrínseca de cada indicador, cuja objetividade (capacidade de mensuração), comparação e ausência de redundância.

Durante a **4ª etapa** procurou-se identificar informações atípicas (*outliers*²) na distribuição dos dados que supostamente poderiam interferir nas análises das etapas subsequentes.

Na **5ª etapa** foi feita a escolha dos especialistas para a pesquisa primária³, ou seja, o público-alvo que deveria atribuir o grau de importância dos indicadores do modelo. Utilizou-se a estratégia de buscar a opinião de vários especialistas para a atribuição dos pesos dos indicadores, uma vez que a pesquisa apresenta característica multidecisor. Assim, procurou minimizar a subjetividade existente quando se adota apenas um decisor (analista). Dessa forma, foi considerado que a opinião de vários especialistas acerca da importância do (s) indicador (es) do modelo proporciona um resultado mais alinhado a realidade local, posto que os escolhidos tinham o perfil de serem pesquisadores / profissionais que atuam direta ou indiretamente na área de recursos hídricos. Assim, para cada indicador o especialista atribuía uma nota dentro de uma escala de 6 pontos, onde 0 = sem opinião formada; 1 correspondia a nenhuma importância do indicador; 2 = baixa importância; 3 = média importância; 4 = alta importância; 5 = muito alta a importância.

O critério de amostragem utilizado foi por acessibilidade e retorno das respostas. Para tanto, foi utilizado o questionário *on-line* (*Google Docs*[®]), enviado para os especialistas pertencentes às seguintes instituições: Professores da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) que participam Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais e do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil e Ambiental no ano de 2013. Também foi utilizado o questionário impresso, que foi entregue pessoalmente aos especialistas do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (CBH-PB), Departamento Nacional de Obras contra a

² As informações relacionadas à identificação do comportamento dos indicadores (tabelas e gráficos) se encontram com o autor. Optou-se por excluir essas informações em razão da limitação do espaço.

³ Realizada no mês de abril de 2013.

Seca (DNOCS) e Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba (AESA) durante reunião extraordinária do respectivo comitê que aconteceu no dia 13 de abril de 2013. Observe a tabela 2.

Tabela 2 – Amostra do Estudo (Especialistas)

Instituição vinculada	Frequência	%
Universidade Federal de Campina Grande	13	38,24
Representante do Comitê de Bacia Hidrográfica (Rio Paraíba)	12	35,29
Departamento Nacional de Obras Contra a Seca	3	8,82
Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba	2	5,88
Instituto Federal da Paraíba (membro do CBH-PB)	2	5,88
Universidade Federal da Paraíba (membro do CBH-PB)	1	2,94
Empresa de Engenharia Hidrelétrica (participante do CBH-PB)	1	2,94
Total	34	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Antes da aplicação final da pesquisa foi feito um pré-teste com sete especialistas de modo que fosse possível identificar fragilidades do instrumento. De posse de tais respostas foram feitas as ponderações e ajustes devidos para só assim realizar a pesquisa de opinião. Após isso foi aplicado o teste de consistência interna das variáveis do questionário por meio do Coeficiente *Alpha* de *Cronbach*.

De posse da tabulação dos dados atribuída pelos especialistas foi definido os critérios para normalização dos pesos dos indicadores que foram utilizados na análise multicriterial. Observe a tabela 3.

Tabela 3 – Critérios para normalização dos indicadores do modelo

Escala	Nomenclatura	Peso normalizado
0	Sem opinião	0,00
1	Nenhum	0,00
2	Baixo	0,25
3	Médio	0,50
4	Alto	0,75
5	Muito Alto	1,00

Fonte: Elaboração própria, 2013.

Concluída a fase da pesquisa primária, procedeu-se a **6ª etapa** na qual foi feita a escolha dos parâmetros e das funções de preferência utilizadas no Método PROMETHEE II, ficando assim definidas:

- ✓ Função tipo I (usual): utilizada para os indicadores 1, 2, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 39 e 40
- ✓ Função tipo II (U-Shape): utilizada para os indicadores 3 e 7.
- ✓ Tipo IV (Nível, escada): utilizada para os indicadores 15 e 16
- ✓ Tipo V (Linear): utilizada para os indicadores 26, 27, 28, 29, 34 e 35.

Essa etapa resultou em 34 simulações, ou seja, para cada especialista foi gerada uma simulação. Após o resultado obtido no PROMETHEE II foram elaboradas 34 matrizes⁴, obtidas a partir das comparações paritárias do IMGRH (Índice Multicriterial da Gestão dos Recursos Hídricos) com cada um dos municípios, de modo a encontrar a ordenação multidecisor.

Após as simulações e obtenção de respectivo desempenho dos municípios segundo cada uma das opiniões dos especialistas procedeu-se a **7ª etapa** que consistiu na ordenação

⁴ As informações relacionadas à identificação do comportamento dos indicadores (tabelas e gráficos) se encontram com o autor. Optou-se por excluir essas informações em razão da limitação do espaço.

final dos municípios através do Método COPELAND, considerando as comparações que foram feitas após a aplicação do PROMETHEE II. Nesta etapa foram construídas 19 matrizes de comparações paritárias entre os municípios e posteriormente a matriz final que apresenta o *ranking* final dos municípios.

O método de COPELAND foi escolhido para o estudo em detrimento do método fornecer sempre uma resposta (ao contrário do método de Condorcet) e, apesar de não eliminar, consegue reduzir bastante a influência de alternativas irrelevantes. Esse método pode ser considerado um compromisso entre as filosofias opostas de Borda e Condorcet, reunindo, dentro do possível, as vantagens dos dois e, por isso, foi a abordagem escolhida para o trabalho (GOMES JÚNIOR *et al.* 2008).

Finalmente a **8ª etapa** consistiu na análise dos resultados e considerações finais do estudo.

Para dar suporte à construção metodológica foram utilizados os seguintes softwares: SPSS (*Statistical Package for Social Science*) versão 8.0; *Visual PROMETHEE*, versão 1.3; Microsoft Excel e Microsoft Word da IBM 2008.

O teste piloto para testar a viabilidade do modelo foi feita nos municípios localizados na sub-bacia hidrográfica do médio curso do rio Paraíba (19 municípios) durante o ano de 2013⁵. Essa região abrange dezenove municípios e se localiza no estado da Paraíba: Alcantil, Aroeiras, Barra de Santana, Barra de São Miguel, Boa Vista, Boqueirão, Campina Grande, Caturité, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Montadas, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro.

Esta região foi escolhida por fazer parte da região de maior relevância socioeconômica no estado da Paraíba (a Bacia do rio Paraíba) e ainda por ser uma região que está contemplada no Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco (PISF), o que supostamente aumentará a oferta e demanda hídrica da região. Portanto, necessitará de adoção de políticas de gestão mais eficazes e condizentes com as necessidades locais, sejam elas no contexto social, ambiental ou econômico.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O grau de importância dos indicadores, segundo a percepção dos especialistas, foi avaliado através do teste de consistência interna das variáveis por meio do Coeficiente *Alpha* de *Cronbach*. Assim, o α encontrado apresentou valor = 0,969, denotando que o questionário da pesquisa apresentou boa consistência interna.

Para apoiar a gestão dos recursos hídricos dos municípios em estudo foram utilizadas informações quantitativas e qualitativas das cidades levando-se em consideração as dimensões e os indicadores propostos. Com base nisso foram realizadas 34 simulações com apoio do Programa Computacional *Visual PROMETHEE*[®].

Como se observa na tabela 4, os resultados obtidos nas 34 opiniões dos decisores (tabela 4) demonstram as diferentes opiniões (pesos diferenciados atribuídos aos indicadores) e conseqüentemente as posições no *ranking* de gestão dos recursos hídricos dos municípios. No geral se observa algumas convergências entre os municípios como é o caso especial de Campina Grande, Boqueirão e Caturité que oscilaram entre os três primeiros lugares no *ranking*. Todavia, se observa maiores divergências entre as posições.

Essa realidade culminou na elaboração da matriz de CONDORCET e Ordenação de COPELAND (tabela 5)⁶ na tentativa de obter o *ranking* das cidades em melhor e pior situação em relação à gestão dos recursos hídricos.

⁵ Os dados secundários coletados apresentam diferenças temporais (publicados entre os anos de 2005 a 2013).

⁶ As informações relacionadas à construção da matriz de ordenação dos dados, bem como do comportamento individual de cada indicador se encontram com o autor. Optou-se por excluir essas informações em razão da limitação do espaço.

Essa estratégia foi adotada em detrimento da obtenção das posições diferentes das cidades quando foi aplicada a análise multicritério (PROMETHEE II), o que inviabiliza a definição da classificação final.

Tabela 4 – Matriz de Dados de Ordenação com 34 decisores e 19 cidades

MATRIZ DE DADOS ORDENAÇÕES COM 34 DECISORES / 19 CIDADES (Posições parciais)																			
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
D1	18	8	14	4	11	1	2	15	7	19	3	9	10	12	6	13	5	17	16
D2	13	7	10	3	14	1	2	15	6	18	11	9	12	16	4	8	5	19	17
D3	16	14	13	4	12	3	1	10	7	18	6	11	15	8	5	9	2	17	19
D4	16	13	15	4	9	3	1	12	8	19	5	10	14	7	6	11	2	17	18
D5	14	17	16	3	9	4	1	6	8	18	11	5	13	7	2	10	12	15	19
D6	18	3	13	4	12	1	2	14	7	19	3	10	15	9	6	11	5	16	17
D7	17	13	15	4	11	2	1	14	7	19	6	10	12	9	5	8	3	16	18
D8	16	14	15	4	11	2	1	12	5	19	7	10	13	8	6	9	3	17	18
D9	16	15	12	4	8	2	1	13	7	19	6	10	14	11	5	9	3	18	17
D10	18	8	15	4	11	3	1	14	7	19	2	10	13	9	6	12	5	17	16
D11	17	11	15	4	10	2	1	13	7	19	3	12	14	8	6	9	5	16	18
D12	18	11	14	2	9	4	1	15	6	19	5	10	13	8	7	12	3	17	16
D13	11	15	12	5	9	2	1	13	8	19	6	10	16	14	4	7	3	18	17
D14	16	10	15	5	11	2	1	14	7	19	3	9	13	12	6	8	4	17	18
D15	19	14	15	2	13	3	1	11	7	16	5	8	12	10	4	9	6	18	17
D16	16	14	12	4	9	2	1	13	7	18	6	10	15	11	5	8	3	19	17
D17	17	12	15	2	8	4	1	14	6	19	5	10	13	9	7	11	3	16	18
D18	17	13	12	5	9	2	1	15	7	18	4	10	11	14	6	8	3	19	16
D19	15	10	13	3	12	4	1	16	7	19	2	8	9	14	6	11	5	17	18
D20	16	10	13	4	9	2	1	14	7	19	5	11	15	12	6	8	3	18	17
D21	18	13	15	3	8	4	1	14	12	19	6	10	11	7	5	9	2	17	16
D22	19	13	14	4	12	8	1	11	3	18	5	7	16	9	6	10	2	15	17
D23	15	14	16	4	9	2	1	13	7	19	6	8	10	12	5	11	3	17	18
D24	18	12	14	2	10	3	1	15	7	19	5	9	13	11	6	8	4	17	16
D25	18	12	14	3	11	2	1	15	7	19	5	9	13	8	6	10	4	17	16
D26	16	9	14	4	11	2	1	13	7	19	3	10	15	12	6	8	5	17	18
D27	16	15	8	4	10	3	2	13	6	18	7	9	14	12	5	11	1	19	17
D28	18	12	17	4	8	5	3	13	10	19	2	9	15	6	7	11	1	14	16
D29	15	13	16	3	8	4	1	12	7	19	5	11	14	9	6	10	2	17	18
D30	12	13	14	4	15	2	1	11	5	18	6	8	10	17	7	9	3	16	19
D31	16	11	17	2	10	3	6	15	4	13	1	7	18	12	8	9	5	14	19
D32	16	11	14	4	9	2	1	13	7	19	5	10	15	12	6	8	3	18	17
D33	16	8	14	4	11	2	1	15	7	19	3	10	12	13	6	9	5	17	18
D34	16	9	15	4	12	2	1	14	7	19	3	10	13	11	6	8	5	17	18

Melhores posições
Piores posições

Legenda: C – Alcântil, C2: Aroeiras, C3 – Barra de Santana, C4 – Barra de São Miguel, C5 – Boa Vista, C6 – Boqueirão, C7 – Campina Grande, C8 – Caturité, C9 – Fagundes, C10 – Gado Bravo, C11 – Itatuba, C12 – Montadas, C13 – Natuba, C14 – Pocinhos, C15 – Puxinanã, C16 – Queimadas, C17 – Riacho de Santo Antônio, C18 – Santa Cecília, C19 – Umbuzeiro; D1 a D34 refere-se aos decisores 1 a 34 (entrevistados).

Fonte: Elaboração própria, 2013.

Tabela 5 – Matriz de Condorcet e Ordenação Copeland

MATRIZ DE CONDORCET / COPELAND																						
M		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	Σ L	
A T R I Z	Alcântil (C1)		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	
	Aroeiras (C2)	1		1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	7
	Barra de Santana (C3)	1	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
	Barra de São Miguel (C4)	1	1	1		1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	15
	Boa Vista (C5)	1	1	1	0		1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	10
	Boqueirão (C6)	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
	Campina Grande (C7)	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
	Caturité (C8)	1	0	1	0	0	0	0		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	6
	Fagundes (C9)	1	1	1	0	1	0	0	1		1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	12
	Gado Bravo (C10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Itatuba (C11)	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1		1	1	1	1	1	0	1	1	1	14
	Montadas (C12)	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0		1	1	0	0	0	0	1	1	10
	Natuba (C13)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0		1	0	0	0	0	1	1	5
	Pocinhos (C14)	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0		1	0	0	0	1	1	8
	Puxinanã (C15)	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1		1	0	1	1	1	13
	Queimadas (C16)	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0		0	1	1	1	11
	R. S. Antônio (C17)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	16
	Santa Cecília (C18)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		0	0	2
	Umbuzeiro (C19)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		0	1
	Σ C	15	11	14	3	9	2	1	12	6	17	4	8	13	9	6	7	2	16	17		
		DERROTAS																				
I	Linhas - Colunas	-12	-4	-10	12	1	15	17	-6	6	-17	10	2	-8	-1	7	4	14	-14	-16		
	Ordenação de Copeland	16º	12º	15º	4º	10º	2º	1º	13º	7º	19º	5º	9º	14º	11º	6º	8º	3º	17º	18º		

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Nesse contexto e após a compilação completa das análises nas duas tabelas expostas acima foi possível obter uma ordenação final da *performance* dos municípios.

Assim, **Campina Grande** foi o município de melhor desempenho em relação à gestão dos recursos hídricos. Esse resultado aponta que, por se tratar de um município onde há maior montante de recursos financeiros, maior concentração populacional e maior estrutura urbana, há um cenário favorável quando se comparar com as demais cidades. Esse município totalizou 18 vitórias e apenas uma derrota, situação que o coloca em **1ª posição** no *ranking* da gestão dos recursos hídricos. Entende-se que esse resultado é reflexo das condições existentes para suprir as necessidades locais, dentre elas, a disponibilidade dos reservatórios, potencial de expansão das reservas hídricas, potencialidade dos reservatórios, potencial de expansão dos poços subterrâneos, consumo relativo de água da bovinocultura, possibilidade de expansão da piscicultura, representação no comitê de bacia hidrográfica, fração da demanda de água outorgada para irrigação, índice de atendimento urbano de água, percentual de coleta de esgoto, despesa *per capita* com saúde, fração da população atendida pela coleta de lixo, IDH-Municipal, PIB *per capita*, índice de aridez, IDEB e existência de matas ciliares.

O município de **Boqueirão** apresentou **2ª posição** no *ranking*. Observe que apresenta 17 vitórias e 2 derrotas. Ou seja, o município de Boqueirão foi superado apenas por Boa Vista e Campina Grande. O resultado de Boqueirão se apresentar dessa forma se explica pelo fato de que o município situa-se em uma região onde está localizado o maior reservatório hídrico da região em estudo (Epitácio Pessoa) e conseqüentemente maior estrutura para atender as demandas e necessidades de água da região, o que acaba refletir níveis mais satisfatórios, em relação aos demais municípios.

Riacho de Santo Antônio se apresenta na **3ª melhor posição**. O resultado desse município foi muito satisfatório, já que só foi superado apenas pelas cidades de Campina Grande e Boqueirão. Os indícios mais representativos do desempenho municipal estão refletidos nos indicadores disponibilidade dos rios, reservatórios, potencial dos reservatórios, potencial de expansão das reservas hídricas, fração das residências atendidas por poços subterrâneos, possibilidade de expansão da piscicultura, existência de representante do município participando do comitê de bacia hidrográfica, índice atendimento urbano de água, despesa *per capita* com saúde, transferências correntes por habitantes, fração da população atendida pela coleta de lixo, baixo índice de doenças por veiculação hídrica e IDEB.

Barra de São Miguel conseguiu superar 15 municípios (vitórias) e ser superado por 3 (derrotas). Os municípios que superou foram: Alcantil, Aroeiras, Barra de Santana, Boa Vista, Caturité, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Montadas, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Santa Cecília e Umbuzeiro. Os municípios que o superaram foram: Boqueirão, Campina Grande e Riacho de Santo Antônio. Esse cenário classifica Barra de São Miguel na **4ª posição**.

Itatuba, por sua vez, se mostra com um desempenho de 14 vitórias (superou Alcantil, Aroeiras, Barra de Santana, Boa Vista, Caturité, Fagundes, Gado Bravo, Montadas, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Santa Cecília e Umbuzeiro) e 4 derrotas (foi superado por Barra de São Miguel, Boqueirão, Campina Grande e Riacho de Santo Antônio), sendo classificado na **5ª posição**.

Puxinanã ficou na **6ª posição**, superou 13 municípios e foi superado por 6 municípios. Já o município de **Fagundes** ficou na **7ª posição** no *ranking*. Esse resultado foi reflexo de ter obtido 12 vitórias e ter apresentado 6 derrotas na comparação obtida pelo método COPELAND.

Queimadas, por sua vez apresenta a **8ª posição**. A situação de Queimadas é favorecida em relação à gestão dos recursos hídricos, uma vez que se localiza na área geográfica que também fica próximo ao reservatório Epitácio Pessoa proporcionando melhor

atendimento às demandas de bacia hidrográfica, todavia existem muitos entraves na realidade local principalmente em relação aos indicadores percentual de coleta de esgoto, despesa *per capita* com saúde, transferências correntes por habitante, despesa *per capita* com saneamento e com gestão ambiental, inexistência de aterro sanitário, fração da população atendida pela coleta de lixo, PIB *per capita* e susceptibilidade à desertificação.

O município de **Montadas** ficou na **9ª posição**, apresentou 10 vitórias e 8 derrotas. Esse município superou nas comparações obtidas apenas Alcantil, Aroeiras, Barra de Santana, Boa Vista, Caturité, Gado Bravo, Natuba, Pocinhos, Santa Cecília e Umbuzeiro. Os piores indicadores desse município foram os seguintes: fração das residências atendidas por poços subterrâneos, índice de qualidade da água dos poços subterrâneos, consumo *per capita* de água, consumo relativo da equinocultura, consumo relativo de água da ovinocultura, consumo relativo de água por hectare de lavoura permanente e sazonal, existência de piscicultura no município, falta de representante no comitê de bacia hidrográfica, indicadores de outorga, despesa *per capita* com saneamento e gestão ambiental, inexistência de aterro sanitário, PIB *per capita*, susceptibilidade à desertificação, inexistência de matas ciliares.

Boa Vista se apresenta na **10ª posição** do *ranking*, uma vez que superou 10 municípios (vitórias) e foi superado por 9 municípios (derrotas), enquanto que, **Pocinhos** foi superado por Campina Grande, Boqueirão, Barra de São Miguel, Fagundes Itatuba, Montadas, Puxinanã, Queimadas e Riacho de Santo Antônio. Conseguiu obter 9 vitórias e 8 derrotas, ficando na **11ª posição**, sinalizando a necessidade de melhorias nas áreas relacionadas à maioria das dimensões investigadas.

Aroeiras só conseguiu superar os municípios de Alcantil, Barra de Santana, Caturité, Gado Bravo, Natuba, Santa Cecília e Umbuzeiro, sendo superado por todos os demais, ficando classificado no *ranking* na **12ª posição**.

Caturité ficou na **13ª posição**, uma vez que o número de derrotas (12) foi bem superior ao número de vitórias (6). O cenário desse município se apresenta insatisfatório em relação aos anteriores, denotando a necessidade de maiores esforços da gestão pública nas respectivas áreas dos indicadores do modelo.

Natuba apresenta-se com a **14ª posição**. A região de Natuba localiza-se próximo ao reservatório de Acauã que possui capacidade total de acumulação superior a 253 milhões de metros cúbicos, representando o terceiro maior reservatório do Estado. A localização do município próximo ao reservatório beneficia o atendimento as demandas locais, todavia, os resultados não apontam indícios favoráveis em relação a gestão dos recursos hídricos, já que fica classificada no *ranking* em posição desconfortável, conseguindo superar apenas 5 municípios.

Barra de Santana superou apenas os municípios de Alcantil, Gado Bravo, Santa Cecília e Umbuzeiro e foi superado por todos os demais, ficando assim classificado na **15ª posição** no *ranking*.

As últimas posições no *ranking* foram obtidas pelos municípios de **Alcantil (16ª)**, **Santa Cecília (17ª)** e **Umbuzeiro (18ª posição)**. **Umbuzeiro** obteve a penúltima posição no *ranking* (**18ª**), devido a 1 vitória e 17 derrotas. Ou seja, esse município foi superado por todos os demais com exceção de Gado Bravo que ficou na pior posição. Essa realidade se apresenta como preocupante uma vez que sinaliza a necessidade de estratégias de longo prazo voltadas para a melhoria da qualidade de vida local e para soluções do cotidiano, principalmente em relação aos aspectos relacionados à fração das residências atendidas por poços subterrâneos, qualidade da água dos poços subterrâneos, potencial de expansão das cisternas, consumo relativo de água para dessedentação animal, consumo relativo de água por hectare de lavoura sazonal e permanente, inexistência de piscicultura no município, ausência de representante do município no comitê de bacia hidrográfica da região, ausência de outorga concedidas, baixo percentual de coleta de esgoto e de lixo, ausência de investimento em gestão ambiental

(saneamento, lixo), doenças por veiculação hídrica, baixo PIB *per capita*, susceptibilidade à desertificação, região que apresenta aridez, inexistência de matas ciliares e reserva legal.

Na última posição do *ranking* ficou o município de **Gado Bravo** já que não superou nenhuma cidade (**18ª posição**). Esse município necessita de maiores estratégias públicas em relação à gestão dos recursos hídricos, uma vez que os indicadores demonstraram inferioridade e uma realidade que necessita de melhores esforços conjuntos da gestão pública e da sociedade em geral.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção metodológica desse estudo se apresenta como um instrumento de busca minimizar as deficiências existentes na escolha de indicadores de gestão dos recursos hídricos e em especial os aspectos relacionados a característica intrínseca com a gestão das águas de municípios, com caráter objetivo, ou seja, que fosse passível de mensurar, além do fato de que deveriam necessariamente serem verificáveis com parâmetros de comparação e com aspectos de redundância.

Através da aplicação do método PROMETHEE 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, bem como pelas funções de utilidade e pesos dos indicadores atribuídos pelos especialistas. As variações obtidas em cada dimensão apresentam resultados com níveis bem próximos, o que demonstra que muito embora a situação em alguns municípios seja superior aos demais, necessitam de esforços tanto dos órgãos e gestores governamentais, quando das partes interessadas em busca da melhoria e da qualidade de vida da população.

Sendo a abordagem multicritério de apoio à decisão caracterizada como um conjunto de métodos que buscam tornar claro um problema no qual as alternativas são avaliadas por múltiplos e conflitantes critérios, auxiliando as pessoas e organizações nas decisões, o presente estudo traz uma ampliação nos horizontes de atuação da gestão dos recursos hídricos, conforme defende Trojan (2012).

Os resultados demonstram que a aplicabilidade do modelo PROMETHEE II como método para definição de uma escala de avaliação – ou índice – das condições de da gestão dos recursos hídricos nos municípios traz resultados relevantes a esse contexto. A ordenação obtida através do método enfatiza que existe desigualdade entre os municípios localizados nessa região.

Do ponto de vista metodológico, as soluções da análise multicritério incorporam em sua medida 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 estar mais bem posicionadas na escala de ordenamento. Todavia e considerando as várias opiniões obtidas nas 34 simulações não foi feita a opção em adotar a média como medida para construir o Índice de Multicritério de Gestão dos Recursos Hídricos e sim adotar o método de ordenação de COPELAND, posto que esse método pode ser considerado um compromisso entre as filosofias opostas do método de BORDA e do método CONDORCET, reunindo, dentro do possível, as vantagens dos dois. Essa estratégia se constitui como uma contribuição desse estudo, de modo que os resultados consideram todas as opiniões para definir o *ranking* final dos municípios.

Como se observou a situação mais confortável se apresenta nos municípios de Campina Grande, Boqueirão, Riacho de Santo Antônio, Pocinhos, Barra de São Miguel, Itatuba, Puxinanã, Fagundes, Queimadas, Montadas e Boa Vista. No contraponto os municípios em situação menos confortável em relação à gestão dos recursos hídricos:

Pocinhos, Aroeiras, Caturité, Natuba, Barra de Santana, Alcantil, Santa Cecília, Umbuzeiro e Gado Bravo.

Há de se notar que este cenário ainda se apresenta longe do ideal em relação à gestão dos recursos hídricos mesmo nos municípios que apresentam níveis satisfatório. Como foi possível observar, existem indícios de ineficiência da gestão pública acerca de alguns indicadores como é caso do montante investido em gestão ambiental e em saneamento, além da forte dependência financeira dos recursos da União presente na maioria dos municípios, ou ainda a carência de planejamento mais eficiente da potencialidade dos reservatórios, dentre outros aspectos evidenciados nas dimensões investigadas.

O que se observa dentro de todo esse apanhado de informações é que ainda há ausência de estratégias em relação à temática desse trabalho e que necessitam de esforços em busca da superação das limitações internas de cada município.

As reflexões, as críticas e informações disponibilizadas neste trabalho se propõem a ampliar a discussão em torno das políticas públicas na área da gestão dos recursos hídricos de modo a consubstanciar resultados mais satisfatórios a esse contexto, seja através do entendimento e ampliação da participação popular no processo de construção dessas políticas sociais, quanto para o aperfeiçoamento técnico dos órgãos gestores.

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.

Notadamente, é necessário também explicitar as limitações de cada processo avaliativo, já que nenhum deles conseguirá contemplar todas as variáveis envolvidas na complexidade da questão ambiental conforme defendem Assis *et al.* (2012). Afinal, entende-se que nenhuma metodologia de avaliação conseguirá ficar isenta de críticas. Todavia, adotar uma linha e começar a praticá-la pode ser um bom começo. O importante é que as críticas sejam consideradas, levando a um processo contínuo de aprendizagem.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se a aplicação do modelo em outros contextos específicos do Estado da Paraíba e de outros estados. Ou ainda, usar novas estratégias como, por exemplo, a adoção de outros métodos multicritério ao invés do PROMETHEE II, de modo a identificar se existem diferenças significativas entre os métodos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. G. de; ALMEIDA, A. T. de. Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. **Gest. Prod. (online)**, vol.16, n.4, 2009, pp. 534-543.

BALLIS, A.; MAVROTAS, G. Freight village design using the multicriteria method PROMETHEE. **Operational Research an International Journal**, v.7, n.2, p. 213-232, 2007.

BARROSO, L. B.; GASTALDINI, M. do C. C. *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.

BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R. B.; ALBADVI A.; AGHDASI, M. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, 200, p. 198-215, 2010.

BRAGA, B.; GOBETTI, L. **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, J. R. M. de; CURI, W. F.; CARVALHO, E. K. M. A.; CURI, R. C. Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental: Um Estudo na Região do Alto Curso do Rio Paraíba, PB. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 23, nº 2, maio/ago, 2011, pp. 295-310.

CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W. F. Construção de um Índice de Sustentabilidade Hidroambiental através da Análise Multicritério: Estudo em Municípios Paraibanos. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 25, nº 1, jan/abr/2013, pp.91-106.

GEOPORTAL AESA – Geoportal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2012. Disponível em:
<http://geo.aesa.pb.gov.br/tmp/6a515ee0324181f82ce1f4f72fcfd3cf1377734285006868700.png>
g Acesso em: 28 ago. 2013.

GILLIAMS, S.; RAYMAEKERS, D.; MUYS, B. Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.49, p. 142–158, 2005.

GOMES JÚNIOR, S. F.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; SOARES DE MELLO, M. H. C. Utilização do método de Copeland para avaliação dos pólos regionais do CEDERJ. **Rio's International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management**, 2 (1), 2008, pp. 87-98.

GUIMARÃES, L. T. Proposta de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Bacias Hidrográficas. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008, p. 237.

HE, C.; MALCOLM, S. B.; DAHLBERG, K. A.; FU, B. A conceptual framework for integrating hydrological and biological indicators into watershed management. **Landscape and Urban Planning**, 2000, pp. 25-34.

LAURA, A. A. Um Método de Modelagem de Sistema de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão dos Recursos Hídricos – MISGERH: O caso da Bacia dos Sinos. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, 2004.

LOPES, A. V. L.; FREITAS, M. A. de S. *A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras*. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, vol.4, nº 1, jan./jun. 2007, pp. 6-28.

POMPERMAYER, R. de S.; PAULA JÚNIOR, Durval R. de; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. Análise Multicritério como Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos: O Caso das

Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 12, nº 3, jul/set 2007, pp. 117-127.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa**. 2 ed. Editora Bertrand Brasil, 2010, p. 686.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; CORDEIRO NETTO, Oscar de M.; NASCIMENTO, Nilo de O. Os Indicadores como Instrumentos Potenciais de Gestão das Águas no Atual Contexto Legal-Institucional do Brasil – Resultados de um Painel de Especialistas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 8, nº 4, out/dez 2003, pp. 49-67.

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.

SILVA, G. L. da; AURELIANO, Joana Teresa; LUCENA, Sandra Valeria de Oliveira. Proposição de um Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Vol. 9, no. 1, p. 17-24, jan./jun. 2012.

TROJAN, F. **Modelos Multicritério para Apoiar Decisões da Gestão da Manutenção de Redes de Distribuição de Água para a Redução de Custos e Perdas**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2012, p. 117.

VIEIRA, P. M. S.; STUDART, T. M. C. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidroambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 14, nº4 out/dez 2009, pp. 125-136.

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.