

HIERARQUIZAÇÃO DAS PREFERÊNCIAS POR USOS MÚLTIPLOS EM RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO REGIME NA UHE CORUMBÁ IV

Gabriela Wechi Benedet

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos de Silveira Ramos, 149 – Sala F.101 – Cidade Universitária – Rio de Janeiro - RJ
gabriela.benedet@gmail.com

José Roberto Ribas

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos de Silveira Ramos, 149 – Sala F.101 – Cidade Universitária – Rio de Janeiro - RJ
ribas@poli.ufrj.br

RESUMO

O Brasil detém uma das mais importantes matrizes energéticas limpas do mundo, baseada principalmente no aproveitamento dos potenciais hidroelétricos. Oferecer outros usos aos reservatórios artificiais gerados pelas usinas hidrelétricas é de vital importância para a região atingida e suas comunidades. O trabalho discorre sobre aplicação de uma análise multicritério para a escolha de alternativas quanto ao uso destes reservatórios. Para tanto, é realizado um estudo de caso onde, com a utilização do Método Regime, foi especificado um modelo multicritério para auxiliar os tomadores de decisão nas questões inerentes ao uso da água. Foram consultados dois grupos de *stakeholders*, o primeiro composto por representantes dos empreendedores da UHE Corumbá IV, o segundo por formadores de opinião do município de Corumbá de Goiás, lindeiro ao reservatório. Concluiu-se que os dois grupos apresentam preferências distintas, as quais devem ser negociadas visando atingir o consenso com benefícios amplos para a comunidade local.

PALAVRAS CHAVE. Uso múltiplo, reservatórios, método Regime.

Área principal: ADM, EN.

ABSTRACT

Brazil has one of the most important energetic clean matrices in the world, mainly based on the use of its hydroelectric potentials. Offering other uses to the artificial reservoirs created by these plants is of vital importance to the affected regions and its communities around. The paper discusses about the application of a multicriteria analyses to the process of choosing alternatives to the use of these reservoirs. To this end, a case study is carried out where, using the Regime Method, structured a multicriteria model to assist the decision makers on the issues inherent in the multipurpose use of the water. Two stakeholders' groups were assessed, the entrepreneurs' representatives of the Corumba IV power plant, and the opinion makers of the Corumba de Goiás municipality, which borders the reservoir. It was concluded that their opinions were distinct each other, demanding a negotiation in order to reach a consensus with global benefits to the local community.

KEYWORDS. Multipurpose use, reservoirs, Regime method.

Main area: ADM, EN.

1. Introdução

O problema de alocação da água entre os diversos usos e usuários de uma bacia hidrográfica pode ser minimizado quando prevalecem os seguintes atributos: o recurso é abundante, sua qualidade é compatível com os usos requeridos, a oferta do bem é garantida no espaço e no tempo, o recurso é utilizado de forma sustentável e há um equilíbrio relativo entre os atributos para que esse problema não se torne complexo. Quando essas características não estão presentes, a sociedade terá que envidar esforços para gerenciar a oferta e a demanda do recurso e estabelecer, da melhor forma possível, uma situação harmônica. (ROBERTO e PORTO, 1999)

No caso em tela o recurso não é abundantemente distribuído no tempo, sua qualidade nem sempre é compatível com os usos pretendidos, sendo, entretanto, garantido no espaço através da regularização da vazão e idealmente utilizado de forma sustentável. O problema tratado é justamente a identificação dos melhores usos para as águas do Reservatório de Corumbá IV, compulsoriamente usadas para geração de energia elétrica. A bacia do reservatório de Corumbá IV está contida nos municípios de Alexânia, Abadiânia, Corumbá de Goiás, Luziânia, Santo Antônio do Descoberto, Silvânia, Novo Gama e Gameleira, no estado de Goiás. As sedes municipais são os agrupamentos populacionais mais importantes situados integralmente dentro da bacia do reservatório e compõe o principal grupo destes stakeholders quanto às interferências e preferências no uso das águas do reservatório. Os *stakeholders* principais desta problemática estão distribuídos pelos oito municípios analisados neste trabalho e mais a concessionária do UHE de Corumbá IV. O estudo de caso será efetuado apenas no município de Corumbá de Goiás.

Esta pesquisa é parte integrante do projeto de P&D junto com a Corumbá Concessões S/A (CCSA), intitulado “Análise de Valor no Uso Múltiplo do Reservatório de Usina Hidrelétrica de Corumbá IV”, no âmbito da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Fazer escolhas conforme diferentes interesses exige que o máximo possível de fatores intervenientes sejam considerados para embasar a tomada de decisão. Segundo Boggia e Rocchi (2011), o multiuso dos recursos hídricos, que permitem a simultaneidade do uso não consuntivo *in-stream*, a exemplo da pesca e natação, e do uso consuntivo *off-stream*, a exemplo do abastecimento de água e irrigação, são particularmente difíceis de gerir, devido à crescente demanda de água e o conflito entre usos consumistas e não consumistas. Novos cenários na política ambiental e novas solicitações das partes interessadas locais envolvem o uso de métodos de apoio à decisão para encontrar um equilíbrio entre os múltiplos usos potenciais.

Este estudo explora a aplicação de uma técnica de análise multicritério denominada Regime, utilizada para processar as manifestações de preferência de alguns especialistas, com o intuito de indicar os melhores usos para gestão dos recursos hídricos e desenvolvimento local dentre um conjunto de alternativas. O estudo de caso visa identificar o aproveitamento ideal das águas do reservatório da UHE Corumbá IV especificamente para o município de Corumbá de Goiás.

2. Modelos de Decisão Multicritério

Jeffreys (2002) define a análise multicritério (MCDA) como um método de ponderação e agregação de dados, e estabelecimento de prioridades de opções e alternativas. De acordo com o Resource Assessment Commission (RAC, 1992), a MCDA é definida como um sistema que tem os seguintes atributos: (i) um número finito de planos alternativos ou de opções; (ii) um conjunto de critérios pelos quais as alternativas serão julgadas; (iii) um método para a classificação das alternativas com base em como elas satisfazem adequadamente os critérios.

Froger e Munda (1998) afirmam que as técnicas de MCDA são baseadas na suposição de um universo complexo e incorporam um grande número de diferentes entradas e critérios de decisão. A MCDA pode ser usada para enquadrar e analisar um problema, e identificar e analisar as metas e objetivos conflitantes. Uma vez que esses conflitos são identificados, trade-offs e soluções de compromisso podem também ser identificadas. A técnica fornece uma estrutura lógica para representar e identificar esses problemas, podendo aumentar a transparência nas tomadas de decisões.

O fato é que, em decisões multicritério, a riqueza da estrutura (uma hierarquia ou uma rede) de critérios juntamente com uma diversidade de alternativas utilizadas, avaliadas pelos diferentes grupos de interesses, amplia a possibilidade de melhor entender as influências sobre os resultados, tanto tangíveis quanto intangíveis. Em outras palavras, este tipo de abordagem se trata de uma forma mais rica para trabalhar com inferências obtidas por meio da previsão, sendo uma alternativa mais racional ao simples ato de improvisar ou, quando muito, de extrapolar medidas como fundamento para justificar decisões. Adicionalmente, adota-se a análise de sensibilidade no MCDA, a qual nos permite examinar o efeito da variação das influências na estabilidade do resultado produzido por este modelo de inferência. Para que isto seja possível, é necessária a adoção de uma abordagem descritiva do processo decisório não só perguntando às pessoas o que elas gostam, mas também o que elas pensam sobre a durabilidade e a satisfação que poderiam obter de suas decisões quando ela é influenciada e alterada por resistências e oposições de várias direções (SAATY, 2005).

Usar julgamentos a partir de diversos especialistas é geralmente preferível ao de um único indivíduo, devido à diversidade e amplitude que contribuem para a produção de resultados válidos. Surowiecki (2004) apresenta um paradoxo: frequentemente a multidão sabe melhor do que um sábio. Ao examinar muitos casos ele concluiu que a combinação de diferentes pontos de vista de uma multidão chega a uma conclusão mais precisa do que aquela de um único perito.

3. Método Regime

O Método Regime foi o selecionado por apresentar um sistema ordinal para o vetor de peso, o que significa que a escolha para o tomador de decisão se torna mais simples. O método é de fácil compreensão, transparente para o decisor e permite que critérios qualitativos e quantitativos possam ser tratados corretamente.

Além disso, o método usa a comparação pareada de opções para determinar a predominância de uma alternativa em relação à outra. Cada critério para uma opção dada é comparado com o mesmo critério em uma segunda opção. Se a primeira supera a segunda, em cada critério, a primeira é dita como estritamente dominante. No entanto, geralmente há um número variável de critérios dominantes. Nestes casos, a probabilidade de que uma opção seja dominante é calculada (como o número de critérios dominantes sobre o número total de critérios). A soma dessas probabilidades pareadas de predominância é a probabilidade global de predominância. A probabilidade global de predominância torna-se a medida pela qual as opções são classificadas (JEFFREYS, 2002).

O Método Regime tem se mostrado adequado para uma ampla gama de casos de avaliação para tomadas de decisão, pois é capaz de trabalhar tanto com dados qualitativos (por exemplo, binário, ordinal) quanto com dados quantitativos. Trabalha também com dados mistos, fornecendo ao final uma classificação e informações sobre as diferenças relativas entre as alternativas. O método, desenvolvido por Nijkamp, Reitveld e Voogd (1983), possui algumas características que o individualizam (MOEFFAERT, 2002):

- a) Aceita dados cardinais e ordinais, possibilitado pelo artifício de tratar os valores cardinais das alternativas a partir da sua posição na classificação, ou seja, como ordinais;
- b) Fundamenta-se na classificação ordinal dos critérios, na matriz regime, o qual contém sinais “+” e “-” e nos escores de probabilidade;
- c) Determina a matriz regime a partir da diferença entre os valores das alternativas comparadas aos pares, e quando uma alternativa possui todos os sinais “+” significa que ela possui uma dominância perfeita;
- d) Quando é necessária a construção de um vetor de pesos, este ocorre de modo ordinal, baseado no pressuposto de que as preferências humanas não podem ser mensuradas, mas sim ordenadas;
- e) A maneira como as alternativas dominam umas as outras é medida pela soma ponderada dos valores cardinais, os quais por serem desconhecidos, são representados pelas probabilidades de dominância entre alternativas;

f) A probabilidade agregada de cada alternativa é calculada, a partir da combinação linear das probabilidades aos pares com as demais, determinando suas chances de sucesso e funcionando como uma medida de preferência.

Segundo Hinloopen e Nijkamp (1986), o Método Regime para análise de multicritérios qualitativos tem por base as seguintes considerações sobre a técnica:

- a) Não deve usar as operações metodologicamente não permitidas (por exemplo, somatório ou a multiplicação de números ordinais);
- b) Deve ser acessível, tanto quanto possível para tomador de decisão;
- c) Deve ser facilmente processável por qualquer computador;

A aplicação do Método Regime deveria, em princípio, levar a uma solução inequívoca, de modo que sempre uma opção de escolha dominante é identificada. Note-se, entretanto, que esta premissa nem sempre é atendida nos casos concretos.

Primeiramente é construída uma matriz efeito, que indica o desempenho de cada alternativa de acordo com cada um dos critérios/atributos escolhidos.

Considerando i ($i = 1, \dots, I$) alternativas e j ($j = 1, \dots, J$) critérios, então, e_{ij} ($i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$) será o efeito da alternativa i de acordo com o critério de avaliação j .

$$E = \begin{bmatrix} e_{11} & \dots & e_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{i1} & \dots & e_{ij} \end{bmatrix}$$

A entrada e_{ij} representa, assim, a ordem de classificação da alternativa i de acordo com o critério de avaliação j . A ordem de classificação será caracterizada pela condição ordinal do número, sendo 'o maior, o melhor', ou seja, se $e_{ij} > e_{i'j}$ então a escolha da opção i é preferível que i' pelo julgamento do critério j .

Como não há normalmente uma única alternativa dominante, são necessárias informações adicionais sobre a importância relativa dos critérios de avaliação, ou ao menos, de alguns critérios. Em caso de métodos de ponderação esta informação é dada por meio de pesos atribuídos aos sucessivos critérios. Porém, quando lidamos com a informação ordinal, os pesos são representados por meio de ordens de classificação w_j ($j = 1, \dots, J$) em um vetor de pesos w (HINLOOPEN e NIJKAMP, 1986):

$$w = (w_1, \dots, w_j)^T$$

Onde $w_j > w_{j'}$ implica dizer que o critério j é considerado mais importante do que j' .

Após a conclusão da matriz efeito e estabelecido o vetor de pesos, é feita uma comparação pareada resultando na matriz de sinais, que os autores chamam de "matriz regime". O Método Regime usa uma comparação par a par de todas as opções de escolha, para que então a comparação recíproca de duas opções de escolha não seja influenciada pela presença e pelos efeitos das outras alternativas.

Considerando duas alternativas i e i' sob um mesmo critério j , se a opção i é melhor do que i' , conseqüentemente $s_{ii'j} = e_{ij} - e_{i'j} > 0$, caso a melhor das duas alternativas seja i' , então $s_{ii'j} = e_{ij} - e_{i'j} < 0$. O Método Regime admite ainda que pode não existir uma preferência entre as alternativas comparadas, ou seja, que $s_{ii'j} = e_{ij} - e_{i'j} = 0$, e nestes casos os autores chamam estes conjuntos vazios de "nodos". Deve-se notar que no caso de informação ordinal a ordem de grandeza de $s_{ii'j}$ não é relevante, mas apenas o sinal, o que quer dizer que a matriz regime não considera a dimensão da diferença entre as alternativas, somente a preferência entre elas.

Para cada critério j é obtido um vetor de sinais (denominado pelos autores de "vetor regime"), onde $\sigma_{ii'j}$ representa o sinal de $s_{ii'j}$:

$$r_{ii'} = (\sigma_{ii'1}, \dots, \sigma_{ii'j})^T, \quad \forall i, i', i \neq i'$$

Ao fazer tal comparação pareada para quaisquer duas alternativas i e i' para todos os critérios j ($j = 1, \dots, J$), é possível construir uma matriz de vetores $J \times I \cdot (I - 1)$. Esta matriz será composta apenas pelos sinais "+", "-", e "0" no caso dos "nodos", e reflete o grau de

preferência da alternativa i com respeito à alternativa i' para cada um dos critérios j ($j = 1, \dots, J$).

Pode-se afirmar que, se um vetor $v_{ii'}$ contiver apenas sinais positivos, "+", a alternativa i domina absolutamente a alternativa i' . Normalmente no entanto, um vetor regime contém sinais "+", e "-", e por isso são necessárias informações adicionais na forma do vetor de pesos.

A fim de tratar a informação ordinal como pesos, supõe-se que os pesos ordinais w_j ($j = 1, \dots, J$) são uma representação de uma ordem de classificação de um (desconhecido) vetor de peso cardinal estocástico subjacente $\underline{w}^* = (w_1^*, \dots, w_J^*)^T$ com o $\max\{w_j^*\} = 1, w_j^* \geq 0, \forall j$. A classificação ordinal dos pesos, portanto, deverá ser consistente com a informação quantitativa incorporada em um vetor cardinal desconhecido, em outras palavras: $w_j > w_{j'} \rightarrow w_j^* > w_{j'}^*$. Em seguida, é considerado que o domínio ponderado de escolha da alternativa i em relação à i' pode ser representado por meio da seguinte expressão estocástica com base em uma soma ponderada das entidades cardinais:

$$v_{ii'} = \sum_{j=1}^J \sigma_{ii'j} w_j^*$$

Se $v_{ii'}$ é positivo, a escolha da alternativa i é dominante em relação à i' . No entanto, não há informações sobre o valor cardinal de w_j^* , mas apenas sobre o valor ordinal de w_j (que se supõe ser consistente com w_j^*). Portanto, é introduzida uma probabilidade $p_{ii'}$ para o domínio do i em relação à i' :

$$p_{ii'} = \text{prob}(v_{ii'} > 0)$$

E define como uma medida de probabilidade de agregação:

$$p_i = \frac{1}{I-1} \sum_{i \neq i'} p_{ii'}$$

Então se entende que p_i é a probabilidade média de que a alternativa i seja maior do que qualquer alternativa. Conseqüentemente, a ordem de classificação final das alternativas é então determinada pela ordem de classificação (ou a ordem de grandeza) das p_i 's.

O problema crucial do Método Regime, no entanto, é avaliar $p_{ii'}$ e p_i . Isto implica em fazer uma suposição sobre a função distribuição de probabilidade de ambos os w_j^* 's e os $\sigma_{ii'j}$'s. Tendo em vista a natureza ordinal dos w_j^* 's, é plausível supor para toda a área relevante uma função de densidade uniforme para os w_j^* 's. O motivo é que, se o vetor de peso ordinal w é interpretado como sendo proveniente de um vetor de pesos estocástico \underline{w}^* não há, sem qualquer informação prévia, nenhuma razão para supor que um determinado valor numérico de \underline{w}^* tenha uma maior probabilidade do que qualquer outro valor. Em outras palavras, o vetor de pesos \underline{w}^* pode adotar com igual probabilidade qualquer valor que estiver de acordo com a informação ordinal implícita em w .

No entanto se, devido à informação prévia em um caso específico há razão para assumir uma função distribuição de probabilidade diferente (distribuição normal, por exemplo), não há razão para excluir essa nova informação. Claramente isto irá influenciar os valores de $p_{ii'}$ e, portanto, a classificação das alternativas (HINLOOPEN e NIJKAMP, 1986). A forma precisa em que, em geral, resultados ordenados serão obtidos a partir de uma distribuição de probabilidade no caso de informações qualitativas será discutido a diante.

4. Metodologia

O processo de decisão sobre quais tipos de usos são adequados a um reservatório visa garantir a multiplicidade de utilizações deste e envolve diversas alternativas possíveis (VILAS BOAS, 2006). No caso em estudo, as alternativas foram definidas por meio de entrevistas em profundidade com formadores de opinião em Corumbá de Goiás, depoimentos de representantes da Corumbá Concessões S/A e visitas à região. Também se procedeu a levantamento de

informações disponíveis em publicações periódicas da região e da concessionária, revisão bibliográfica em teses sobre o reservatório e prospecção dos atributos desejáveis conforme as características do reservatório.

Inúmeras alternativas foram identificadas e estas dando lugar a múltiplas variações. Para efeito de facilitar a tomada de decisão pelo decisor, resolveu-se restringir este número a apenas cinco opções, adaptadas a partir da classificação de Von Sperling (1998), tendo sido excluídas aquelas sujeitas a outorga específica por parte do poder público. O abastecimento de água, por exemplo, seria uma vocação natural do reservatório, mas foi desconsiderado, uma vez que os limites para a sua implantação já estão previstos no EIA/RIMA e, sua extrapolação, poderia vir a comprometer a energia assegurada para geração de energia.

São elas:

- a) Exploração da Pesca: Podendo ser realizada conjuntamente com a piscicultura orgânica, limitando a captura de peixes e respeitando o período de reprodução.
- b) Navegação: No sentido de ligar sedes municipais bem como suas cercanias em alguns casos.
- c) Agroindústria ribeirinha: De caráter artesanal, praticada além dos limites da faixa de domínio do reservatório e sem o uso de produtos químicos seja para o combate as pragas, seja como adubo.
- d) Esportes Náuticos: Esportes que fazem uso de barcos ou qualquer tipo de embarcação, como o esqui aquático, *windsurf*, vela, caiaque, canoagem, *rafting* nos trechos do rio aonde possível, e outros.
- e) Ecoturismo: Turismo voltado para a contemplação da natureza e seus atores *in loco*.

Os critérios de decisão, também conhecidos como efeitos ou atributos, são medidas por meio das quais as opções de uso são avaliadas (AZIBI e VANDERPOOTEN, 2003). Estes são muitas vezes colocados em árvores hierarquizadas para ajudar o desenvolvimento e para definir a estrutura da questão (SAATY, 1980).

Foram considerados quatro grupos de critérios de acordo com os dados oriundos das fontes consultadas. Os quatro grupos estão divididos em: social, ambiental, econômico e infraestrutura, onde as alternativas devem ser avaliadas segundo seu grau de importância para cada critério. O “social” abrange educação, segurança, saúde, lazer e entretenimento. O “ambiental” compreende preservação e qualidade da água. O econômico envolve o setor de geração de renda para o município. Já o critério de “infraestrutura” inclui os aspectos de transporte, habitação, saneamento, entre outros.

Com base nas alternativas e critérios previamente definidos foi elaborado o questionário na forma de tabela de avaliação. As linhas correspondem às alternativas que devem ser avaliadas segundo os critérios apresentados nas colunas. Para responder ao questionário o decisor deve dar notas para as alternativas compreendidas entre 1 (pior) e 5 (melhor), segundo uma escala ordinal, e avaliadas em concordância com o critério de cada coluna.

Pode-se considerar a incomparabilidade entre as alternativas, gerando alternativas com mesma nota. Esta é uma das vantagens que diferenciam os Métodos de Sobreclassificação dos restantes. Sobre o Método Regime esta incomparabilidade gera o que os autores do método chamam de nodos (i.e. $e_{ij} = e_{i'j}$ em outras palavras: mesma posição no *rank* de classificação de duas alternativas i e i' para o critério j).

Depois de avaliar a primeira coluna deve-se prosseguir o mesmo raciocínio de acordo com os demais critérios (ambiental, econômico e infraestrutura).

A importância relativa dos critérios para a decisão é determinada atribuindo-se um peso para cada critério ou subcritério.

Para determinar os pesos dos critérios foi proposto aos *stakeholders* ordenar os critérios segundo o que julgavam poder influenciar mais tomada de decisão. Posteriormente foi feita uma análise de todos os dados e atribuída uma simples média aritmética para identificar a hierarquização final.

Após o preenchimento da tabela de avaliação, os critérios são agregados, segundo um modelo matemático definido, associando as avaliações dos diferentes critérios para cada ação ou

alternativa. As alternativas serão em seguida comparadas entre si por um julgamento relativo de seus valores. Para aplicação do método foi selecionado um grupo de seis *stakeholders* divididos em dois grupos de interesse, três habitantes da cidade de Corumbá de Goiás que são formadores de opinião e três representantes da concessionária responsável pela UHE Corumbá IV.

Como visto na estruturação do modelo, o caso em estudo trata apenas de dados qualitativos, próprios para serem analisados pelo modelo matemático proposto por Hinloopen e Nijkamp (1986). Com o intuito de facilitar o entendimento da aplicação matemática do Método Regime está detalhada no capítulo a seguir. Por exemplo, serão feitas as análises matemáticas com base em um questionário de avaliação previamente selecionado. Os resultados dos questionários agregados serão apresentados ao final.

5. Análise de Resultados

A primeira etapa de aplicação do Método Regime é a construção da matriz efeito, que indica o desempenho de cada alternativa de acordo com cada um dos critérios escolhidos. A matriz efeito nada mais é do que as opiniões obtidas pelos entrevistados no preenchimento da tabela de avaliação. Como exemplo, na tabela 1 é apresentada uma das matrizes efeito obtida segundo este procedimento.

Tabela 1- Exemplo de Tabela de Avaliação

	Social	Ambiental	Econômico	Infraestrutura
Exploração da Pesca	5	3	5	5
Navegação	1	1	1	1
Agroindústria Ribeirinha	4	4	4	4
Esportes Náuticos	3	2	3	3
Ecoturismo	2	5	2	2

Considerando i ($i = 1, \dots, 5$) alternativas e j ($j = 1, \dots, 4$) critérios, então, e_{ij} ($i = 1, \dots, 5; j = 1, \dots, 4$) será o efeito da alternativa i de acordo com o critério de avaliação j . De acordo com Hinloopen e Nijkamp (1986), a ordem de classificação é caracterizada pela condição ordinal do número, sendo 'o maior, o melhor', ou seja, se $e_{ij} > e_{i',j}$ então a escolha da opção i é preferível que i' pelo julgamento do critério j .

Para a determinação do vetor de pesos foi proposto aos entrevistados ordenar os critérios segundo o que julgavam poder influenciar mais na tomada de decisão, considerando uma escala ordinal variando do valor 4 para o mais importante até 1 para o menos importante. Os pesos subjetivos foram obtidos para os dois grupos, os empreendedores (E) na tabela 2a e os formadores de opinião (F) na tabela 2b.

Tabela 2a - Pesos dos Critérios de Avaliação para os Empreendedores

	Social	Ambiental	Econômico	Infraestrutura
E.1	4	2	3	1
E.2	4	2	3	1
E.3	4	3	2	1

Tabela 2b - Pesos dos Critérios de Avaliação para os Formadores de Opinião

	Social	Ambiental	Econômico	Infraestrutura
F.1	4	2	3	1
F.2	4	2	3	1
F.3	4	3	2	1

De acordo com o Método Regime, os pesos serão representados por meio de ordens de classificação w_j ($j = 1, \dots, 4$) em um vetor de pesos w . Onde $w_j > w_{j'}$ implica dizer que o critério j é considerado mais importante do que j' . Neste caso:

$$w = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T = (4, 3, 2, 1)^T$$

Onde w_1 equivale ao critério social, w_2 o ambiental, w_3 o econômico e w_4 o critério de infraestrutura.

Após a conclusão da matriz efeito e estabelecido o vetor de pesos, é feita uma comparação pareada resultando na matriz de sinais, ou “matriz regime”.

A comparação pareada para quaisquer duas alternativas i e i' para todos os critérios j ($j = 1, \dots, 4$) resulta em uma matriz de vetores $J \times I \cdot (I - 1) \rightarrow 4 \times 20$. Esta matriz é composta apenas pelos sinais “+”, “-” e “0” no caso dos “nodos”, e reflete o grau de preferência da alternativa i pela alternativa i' para cada um dos critérios j ($j = 1, \dots, 4$).

Definida a matriz regime é obtido o vetor regime para cada comparação pareada. Em seguida, é considerado que o domínio ponderado de escolha da alternativa i em relação à i' pode ser representado com base em uma soma ponderada das entidades cardinais:

$$v_{ii'} = \sum_{j=1}^J \sigma_{ii'j} w_j^*$$

Para a primeira coluna ficaria:

$$v_{AB} = w_1^* + w_2^* + w_3^* + w_4^*$$

Considerando que o Método Regime associa os valores numéricos do vetor w , da função de ponderação, a um vetor estocástico subjacente w^* , que tem a mesma ordinalidade que w , tal que:

$$w_1 > w_2 > w_3 > w_4 \rightarrow w_1^* > w_2^* > w_3^* > w_4^*$$

w_j^* é mapeado (normalizado) no espaço de amostragem $(0, 1)$, i.e., $w_j^* \in (0, 1)$, ou, $\max\{w_j^*\} = 1$ e $w_j^* \geq 0, \forall j$.

Observa-se que para achar a probabilidade de $v_{AB} > 0$ é simples, pois se trata de uma soma de valores onde são todos positivos, tal que $p_{AB} = \text{prob}(v_{AB} > 0) = 100\%$.

O mesmo acontece para o caso contrário, exemplo da coluna BA, onde todos os valores são negativos, logo: $p_{BA} = \text{prob}(v_{BA} > 0) = 0\%$.

A seguir é apresentada a tabela 3 onde são indicados os valores de todas as probabilidades, $p_{ii'} = \text{prob}(v_{ii'} > 0)$, que podem ser encontradas para um problema com quatro fatores de ponderação que não apresenta nodos (termos nulos).

Tabela 3 – Probabilidades para quatro fatores de ponderação

	w_1^*	w_2^*	w_3^*	w_4^*	$P(\sum > 0)$	P(%)
1	+	+	+	+	1	100
2	+	+	+	-	1	100
3	+	+	-	+	1	100
4	+	+	-	-	1	100
5	+	-	-	-	1/6	17
6	+	-	-	+	1/2	50
7	+	-	+	-	1	100
8	+	-	+	+	1	100
9	-	-	-	-	0	0
0	-	-	-	+	0	0
1	-	-	+	-	0	0
2	-	-	+	+	0	0
3	-	+	+	+	5/6	83
4	-	+	+	-	1/2	50
5	-	+	-	+	0	0
6	-	+	-	-	0	0

A probabilidade das comparações pareadas ($p_{ii'}$) é entendida como a probabilidade que a preferência pela alternativa i seja maior do que a alternativa i' . Após o resultado da probabilidade de cada par é definida uma medida de probabilidade de agregação:

$$p_i = \frac{1}{I-1} \cdot \sum_{i \neq i'} p_{ii'}$$

Então se entende que p_i é a probabilidade média de que a alternativa i seja maior do que qualquer alternativa. Conseqüentemente, a ordem de classificação final das alternativas é então determinada pela ordem de classificação (ou a ordem de grandeza) das p_i 's.

Os resultados obtidos na pesquisa para os empreendedores (E) e para os formadores de opinião (F) seguem na tabela 4.

Tabela 4 - Pesos dos Critérios para os Empreendedores e os Formadores de Opinião

	E.1	E.2	E.3	E	F.1	F.2	F.3	F
Exploração da Pesca	1,00	0,75	0,79	0,85	0,75	0,25	0,25	0,42
Navegação	0,00	0,25	0,25	0,17	0,25	0,00	0,00	0,08
Agroindústria ribeirinha	0,75	0,50	0,75	0,67	1,00	0,54	0,54	0,69
Esportes Náuticos	0,50	0,00	0,00	0,17	0,00	0,71	0,71	0,47
Ecoturismo	0,25	1,00	0,71	0,65	0,50	1,00	1,00	0,83

A ordem de classificação final para as alternativas apresentadas fica estabelecida na tabela 5, comparandas as preferências dos empreendedores da UHE Corumbá IV com os formadores de opinião do município de Corumbá de Goiás.

Tabela 5 – Ordem Hierarquica para os Empreendedores e os Formadores de Opinião

Colocação	Empreendedores	Formadores de Opinião
1º lugar	Exploração da Pesca	Ecoturismo
2º lugar	Agroindústria ribeirinha	Agroindústria ribeirinha
3º lugar	Ecoturismo	Esportes Náuticos
4º lugar	Esportes Náuticos	Exploração da Pesca
5º lugar	Navegação	Navegação

Os resultados obtidos apresentam-se coerentes com as expectativas. Por meio das opiniões registradas nas entrevistas obtidas na cidade de Corumbá de Goiás, é claramente identificada a preferência dos habitantes, segundo os formadores de opinião, pela alternativa relacionada ao turismo. Desta forma foi ratificada pela citação de um dos entrevistados, que ressaltou os atrativos da cidade.

Observando os predicados de Corumbá de Goiás, suas belezas naturais, o folclore e o patrimônio histórico, se constituem em importantes elementos motivadores para o desenvolvimento do ecoturismo, do turismo cultural, do turismo para idosos, de relaxamento, dentre outros (F.1).

Atualmente, a falta do estímulo ao turismo provoca um entrave para o desenvolvimento econômico da cidade. Já nas entrevistas preliminares, os habitantes demonstram a preocupação quanto à mão de obra especializada para este setor, e também quanto à infraestrutura necessária para viabilizar esta ação.

No caso da Corumbá Concessões a preferência pela exploração da pesca é visivelmente justificada pelas ações da concessionária. A empresa possui barqueiros para monitorar a pesca predatória na região e projetos para conscientizar a população.

A identificação das dissimilaridades entre os dois grupos é importante no sentido de estimular o debate em busca do consenso sobre os usos mais adequados para o reservatório de Corumbá IV, portanto, esta pesquisa se encerra nesta comparação, entretanto, abre espaço para a necessidade da convergência de interesse entre os empreendedores e os formadores de opinião do município de Corumbá de Goiás.

6. Considerações Finais

O trabalho retoma a importância da tomada de decisão no mundo atual. Problemas relativos a uma comunidade, ou com reflexos em um grupo variado de interessados, devem ser cuidadosamente trabalhados para que a construção de suas soluções atenda ao interesse da

maioria, ou ao menos contemple aqueles cujo resultado mitigará situações de risco à saúde ou profundo desconforto. No desenvolvimento do estudo percebe-se a importância de um tratamento apropriado das opiniões para embasar uma tomada de decisão consistente.

No complexo ambiente dos recursos hídricos, com implicações ambientais, sociais e econômicas, o método aplicado, Método Regime, se mostra adequado a esta diversidade de fatores, destacando-se por sua praticidade de aplicação. Uma vez compreendida de forma clara todas as alternativas e critérios, o processo decisório torna-se simples.

Como mencionado no corpo do trabalho, o Método Regime resulta em uma análise qualitativa da solução, na qual não é considerada a amplitude da diferença entre as alternativas, e sim a posição de preferência entre elas. Em outras palavras, não se sabe absolutamente quanto uma alternativa é preferível à outra; sabe-se, contudo, a colocação na qual ela está classificada dentre as pesquisadas.

Como visto, o método é apto ao emprego tanto de dados qualitativos quanto de dados quantitativos, possibilitando infinitas combinações. Apesar de o modelo analisado não compreender dados quantitativos, fica aqui a sugestão desta opção para futuras análises.

Diferentemente de outros métodos de análise multicritério, o Regime ainda é capaz de trabalhar com o estado de incomparabilidade entre as alternativas, afinando ainda mais a análise das escolhas. Lembrando que esta situação ocorre quando o desempenho relativo entre duas alternativas se inverte significativamente, quando ambas são comparadas sob dois critérios diferentes. É perceptível que isto não se trata de uma inconsistência, tampouco se trata de um evento raro no processo de modelagem e, portanto, o método preenche uma lacuna importante que outras técnicas MCDA são incapazes de atender.

Para uma análise multicritério ampla, é relevante ressaltar a importância da quantidade de pessoas participantes: “Todas as decisões importantes devem ser tomadas por um grupo tão grande de gestores como é logisticamente possível” (SUROWIECKI, 2004). No caso em tela, o problema foi proposto apenas para seis participantes, três representantes relevantes de cada grupo. Para um resultado ainda mais enfático é sugerido um rearranjo no universo pesquisado melhorando a qualidade e aumentando a representatividade da resposta. No primeiro caso é necessária a inclusão de sujeitos que pertençam a vários extratos populacionais, a exemplo dos gestores públicos, comunidade do entorno do reservatório, agricultores, pessoas envolvidas com turismo, dentre outras. No segundo caso é importante aumentar o tamanho da amostra para cada extrato, nem sempre possível quando o município pesquisado é pequeno ou a margem limítrofe do lago é pouco extensa, como é o caso em Corumbá de Goiás.

Inicialmente a operacionalização do método mostrou lacunas as quais foram esclarecidas com a contribuição de um especialista em matemática consultado sobre o assunto. As alternativas apresentadas que vão da elegante solução geométrica a álgebra linear passando por processos interativos, em muito contribuíram para enriquecer o entendimento sobre o assunto.

No estudo de caso, a análise matemática para o tratamento dos dados de até quatro fatores de operação foi possível através de utilização de fórmulas de volumes extraídas da geometria e da analítica relativa a interseção dos diferentes sólidos conhecidos. Contudo, para dimensões superiores torna-se impraticável a visualização do problema segundo esta abordagem.

Para que o tratamento dos dados em n dimensões seja viável é necessária outra abordagem metodológica da solução que implica no uso das ferramentas de álgebra linear citadas anteriormente. Apesar da consulta ter se referido a um problema menor, o especialista avançou na operacionalização da solução geral, a qual apesar de estar disponível não faz parte do escopo deste trabalho.

Por fim, observa-se que a Usina Hidrelétrica de Corumbá IV é abordada no estudo apenas em caráter ilustrativo, considerada por ser a responsável de fato pela administração do reservatório e seu patrimônio hídrico. Não obstante, a relevância do estudo recai sobre os municípios atingidos pelas mudanças advindas do surgimento da barragem através do interesse manifesto por suas comunidades.

Referências

- Azibi, R. e Vanderpooten, D.** (2003), Aggregation of dispersed consequences for constructing criteria: the evaluation of flood risk reduction strategies. *European Journal of Operational Research*, 144, 397-411.
- Boggia, A., Rocchi, L.** (2011), Water Use Scenarios Assessment using Multicriteria Analysis, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 17, 125-135.
- Froger, G. e Munda, G.**, Methodology for Environmental Decision Support, In: *Valuation for Sustainable Development*, Faucheux; O'Connor, eds., Cheltenham: Edward Elgar, 1998.
- Hinloopen, E., Nijkamp, P.** Qualitative Multiple Criteria Choice Analysis - the dominant Regime Method. In: Conference on Conflict Management, 1986. *Anais...* Amsterdam, 1986.
- Jeffreys, I.** MODSS Literature and Software Relevant to Farm Forestry Decision Support, 2002. (http://en.scientificcommons.org/ian_jeffreys), 2011.
- Moeffaert, D.V.** *Multi Criteria Decision Aid in Sustainable Urban Water Management*, Estocolmo: Scandiaconsult, 2002.
- Nijkamp, P., Reitveld, P. e Voogd, H.** *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*, Amsterdam: North Holland Publishing, 1990.
- RAC.** *A Multi-criteria Analysis as a Resource Assessment Tool*, Research Paper n.6, Camberra: Resource Assessment Commission, 1992.
- Roberto, A.N. e Porto, R.L.L.** Alocação da água entre múltiplos usos em uma bacia hidrográfica. In: Água em quantidade e qualidade: o desafio do próximo milênio, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1999. *Anais...* Belo Horizonte: ABRH, 1999.
- Saaty, T.L.** *The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*, New York: McGraw-Hill, 1980.
- _____. (2005), Making and Validating Complex Decisions with the AHP/ANP, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 14, 1-36.
- Surowiecki, J.** *The Wisdom of Crowds: why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies and nations*, Little Brown: Doubleday, 2004.
- Vilas Boas, C. L.** *Modelo Multicritérios de Apoio à Decisão Aplicado ao Uso Múltiplo de Reservatórios: Estudo da Barragem do Ribeirão João Leite*. Dissertação de mestrado (economia), Brasília: UNB, 2006.
- Von Sperling, M.** (1998). Análise dos Padrões Brasileiros de Qualidade de Corpos d'Água e de Lançamentos de Efluentes. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.3, n.1, p. 111-132.