

Modelos multicriteriais hierárquicos multidecisores com diferentes abordagens de agregação de preferências dos decisores

Guttemberg da Silva Silvino (UFPB – PB/BRASIL) - guttemberg@cca.ufpb.br
• R. Antonio Cavalcante, 606, Bairro Bodocongó, 58430-440, Campina Grande-PB, fone: (55) 83-3333-7394
Wilson Fadlo Curi (UFCG – PB/BRASIL) - wfcuri@yahoo.com.br
Rosires Catão Curi (UFCG – PB/BRASIL) - rosirescuri@yahoo.com.br

RESUMO Este artigo mostra a aplicação de quatro abordagens de agregação de preferências de múltiplos decisores a um exemplo hipotético de ordenamento de prioridades de pedidos de outorga de água de quatro usuários segundo a avaliação de nove critérios, estruturados hierarquicamente, por sete especialistas da área de recursos hídricos. É apresentada, também, a aplicação de três transformações de um sistema hierárquico de preferências em um não hierárquico, que permitem fazer uso de softwares que utilizam métodos multicriteriais não hierárquicos. Três das abordagens para problemas com multidecisores agregam a preferência dos decisores no início do processo decisório e outro no fim. Todos os métodos apresentados fizeram uso de pesos atribuídos aos critérios de julgamento pelos decisores. Para tratar com a indefinição dos pesos do problema, quando se considera apenas a ordem de preferência dos critérios, o modelo *VIP-Analysis* foi utilizado. A elaboração do problema de teste teve como base um estudo de potenciais pedidos de outorga de usuários cadastrados no trecho 2 do sistema Curema-Açu inserido em território paraibano. Os resultados demonstraram que a aplicação de diferentes metodologias geram diferentes resultados, indicando que deve-se procurar definir a priori, com os potenciais decisores, a abordagem que melhor representa o pensamento do grupo.

Palavras-chave Sistema Curema-Açu. Análises Hierárquicas. Sistema de Suporte à Decisão.

ABSTRACT *This paper shows the application of four multiple decision maker preference aggregation methods for a hypothetical problem of defining priorities to the concession of water permits to four water users based on the judgment of nine hierarchically structured criteria by seven water resource experts. It also presents the application of three methods for transforming a hierarchically structured problem into a non-hierarchical one, which enables the use of software designed to solve such multi-criteria problems. Three of the methods presented provide a way for aggregating preferences at the beginning of the decision process. All methods presented herein made use of the weights assigned, by the decision makers, to selected judgment criteria. To deal with the non-definition of weights, when considering only the order of preference for the criteria, the VIP-Analysis model was used. The test problem data were based on a study of registered potential water user permit requirements for section 2 of the Curema-Açu river basin, which is located in the semiarid region of Paraíba state. The results have shown that the application of different methods provides different results, leading to the conclusion that decision makers should establish, a priori, a methodology that better represents the wishes of the group.*

Keywords *Curema-Açu System. Hierarchical Analyses. Decision Support System.*

1. INTRODUÇÃO

A alocação da água, num processo de outorga, poderia, por exemplo, ser baseada exclusivamente em termos de critérios financeiros ou da eficiência no seu uso. No entanto, a utilização de um ou outro critério poderia beneficiar alguns usuários em detrimento de outros gerando, assim, situações de potenciais conflitos. O problema agrava-se quando se tem interesses diversos ou óticas diferentes, que são refletidas na definição das preferências expressas pelos múltiplos usuários da água.

Uma maneira de tentar minimizar os conflitos é a alocação negociada das águas entre os representantes de todas as classes de usuários, como defendida na Lei 9433/97, procurando compatibilizar as ofertas hídricas e os múltiplos usos, atuais e futuros. Uma forma de auxiliar este complexo, difícil e quase sempre conflituoso processo de negociação é fazer uso de um sistema de apoio à decisão.

O Sistema Curema-Açu apresenta dois importantes reservatórios que regularizam as águas de parte do Rio Piranhas-Açu, desde o Estado da Paraíba até sua foz no Estado do Rio Grande do Norte. Na Paraíba há o reservatório Curema-Mãe D'Água, construído no rio Piancó, de propriedade do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), com 1.358 hm³ de capacidade e que regulariza 160 km de rio até encontrar o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (Município de Assu-RN), também de propriedade do DNOCS. O açude Armando Ribeiro Gonçalves possui 2.400 hm³ de capacidade e regulariza cerca de 100 km do rio Açu até a sua foz.

Os usos intensivos comumente observados nesta bacia estão relacionados com o atendimento a demandas para abastecimento humano, animal, exploração agrícola, industrial e piscicultura, em especial, para irrigação particular e em perímetros públicos e para carcinicultura, principalmente no trecho a jusante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte. Assim, não estão ausentes conflitos constantes pelo uso da água.

Dentre as principais causas de conflitos na bacia, destaca-se a inflexibilidade no sistema de operação dos dois reservatórios supracitados e a inexistência de política formal de operação. Tais condições causam impactos, no abastecimento das cidades ribeirinhas, particularmente, de Jardim de Piranhas, Caicó e Jucurutu, no Rio Grande do Norte, as quais captam suas demandas em trechos mais distantes da fonte regularizadora e, no Estado da Paraíba, a adutora do Sabugi as cidades de Pombal, Paulista, São Bento, Brejo do Cruz e Belém do Brejo do Cruz.

Para o estudo apresentado, os critérios foram subdivididos em sub-critérios, apresentados a seguir, e buscam uma maneira de garantir a sustentabilidade econômica, social, técnica e ambiental dos usuários localizados na bacia, em termos de valoração de alguns aspectos, procurando com isso uma maneira de incentivar a permanência dos mesmos na região. Os sub-critérios foram atribuídos com o intuito de buscar, em forma de incentivo, condições melhores para os usuários, fornecendo maior peso aos usuários que possuírem maior grau de escolaridade, utilizarem uma forma de agricultura mais eficiente, não praticarem desmatamento desordenado, possuírem reserva hídrica, conservarem o solo, etc.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Análise multicriterial no processo decisório

Para melhorar o processo decisório, deve-se eliminar alternativas que sejam claramente dominadas (decisores a consideram menos importante) e critérios que não influenciam no processo decisório, deixando somente as informações relevantes para análise do problema. Além disso, caso haja necessidade de uma melhor representação do problema e maior facilidade de julgamento, pode-se recorrer à hierarquização dos processos decisórios, mesmo que se faça uso de técnicas para transformar problemas hierárquicos em não hierárquicos para se fazer uso de ferramentas

adequadas à efetivação de análises multicriteriais (SILVINO, 2008). Para o exemplo apresentado neste artigo, foi utilizado o *software* (<http://www.uc.pt/en/feuc/ldias/software/vipa>) desenvolvido para a aplicação do método *VIP Analysis ou Variable Interdependent Parameter Analysis* (DIAS; CLÍMACO, 2000; 2005).

2.1.1. O Método *VIP Analysis*

Tradicionalmente os decisores não apenas acham difícil quantificar suas preferências, como também podem mudá-las à medida que o processo avança. Além disso, os procedimentos que são usados para elicitare os valores dos parâmetros muitas vezes demandam mais tempo e paciência dos decisores que estes dispõem. Apesar destas dificuldades, os processos convergem em uma atribuição “correta” para cada um dos parâmetros. Estes valores servem como referência para a “melhor” escolha. Muito freqüentemente, o decisor sente necessidade de mexer nesses valores, realizando uma posterior análise de sensibilidade.

Essa análise de sensibilidade, nos moldes que usualmente é feita, apresenta alguns pontos não desejáveis. Primeiro demanda o cálculo do valor exato de cada parâmetro. Em seguida coloca o decisor frente ao “resultado de referência” prematuramente. Finalmente, a análise de sensibilidade é conduzida variando um único parâmetro por vez.

Como uma alternativa a esses inconvenientes e limitações, Dias e Climaco (2005) sugerem uma abordagem diferente, que faz uso de parâmetros variáveis interdependentes sujeitos às restrições. A informação conduz a restrições freqüentemente denominadas imprecisas, incompletas ou parciais. O uso da expressão imprecisa significa que não se imporá uma combinação precisa de valores para os parâmetros. O propósito é obter o máximo de informações possível a partir deste tipo de informação.

O propósito do *VIP Analysis* é o de apoiar a avaliação de um conjunto discreto de alternativas. A ideia é estudar todas as conclusões que podem ser obtidas a partir de informações imprecisas, sem a necessidade de uma série de atribuição de pesos ou constantes de escalas.

O modelo multicritério de agregação aditiva *VIP Analysis* é apresentado na equação (1). O valor global de uma alternativa a_i é a soma de seus valores nos n critérios ($v_1(a_i)$, $v_2(a_i)$, ..., $v_n(a_i)$) ponderada pelas n constantes de escala (pesos) $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ que indiretamente refletem a importância dos critérios. A construção dessa função requer que seja fixada uma ordem de importância dos critérios, ou seja, uma ordenação para as constantes de escala. Essa ordenação reflete a importância dos critérios. Essas constantes de escala são consideradas como variáveis interdependentes que podem assumir muitos valores, sujeitas a um conjunto de restrições.

$$V(a_i, k) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a_i) \text{ para } \sum_{j=1}^n k_j = 1 \text{ e } k_j \geq 0 \quad (1)$$

Seja T o conjunto de todas as combinações dos valores dos parâmetros que satisfazem às restrições consideradas. É assumido que o conjunto de restrições é consistente, caso contrário o conjunto T poderia ser vazio. Uma vez que T esteja definido, o *VIP Analysis* pode ser usado para determinar conclusões válidas para todas as combinações em T e para identificar quais resultados são mais afetados pelas imprecisões nos valores dos parâmetros.

O *VIP Analysis* permite calcular o intervalo de valor global de cada alternativa através de um confronto extremo, em que as alternativas são confrontadas aos pares. Neste confronto, podem ser identificadas as alternativas dominadas ou “quase-dominadas”, assim como o valor do máximo arrependimento (‘regret’) associado à escolha de cada alternativa e os domínios onde cada uma delas, sendo ótima ou “quase-ótima” (caso o problema permita). As informações imprecisas sobre os pesos dos critérios são tratadas por intermédio de um conjunto de restrições a que os valores dos coeficientes de escala devem obedecer.

2.2. Análise multicriterial e multidecisor

A decisão individual sobre cada alternativa a ser adotada é realizada, mesmo que intuitivamente, através de identificação e avaliação de critérios, que apresentam aspectos desejáveis ou não desejáveis, com seus respectivos graus de preferência. Para que a análise seja estruturada e embasada em princípios científicos, a análise multicriterial pode ser utilizada.

A decisão em grupo é usualmente entendida como a redução de diferentes preferências individuais em uma preferência coletiva única (LEYLA-LÓPEZ; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003). Uma solução que venha atender aos anseios de um grupo de decisores vem de um processo de negociação que segue, normalmente, os procedimentos descritos na Tabela 1, enquanto a forma de incluir as preferências de cada indivíduo no processo decisório segue os princípios apresentados na Tabela 2. A aplicação de técnicas de análise multicriterial no processo decisório ajuda a estruturar e melhor compreender o problema, além de prover uma forma científica para levar em consideração as preferências individuais de cada decisor e, potencialmente, minimizar conflitos. No entanto, existem várias abordagens para agregar as preferências dos decisores e este artigo pretende mostrar e analisar quatro destas abordagens, nas quais se faz uso de análise multicriterial.

Tabela 1 – Elementos do modelo de Kaner para um processo decisório.

Zona	Estratégia	Objetivo
Zona divergente	Explorar o território	Identificar os componentes de um problema e conhecer todas as perspectivas.
	Procurar alternativas	Atividade criada para a geração de ideias.
	Discutir assuntos difíceis	Falar livremente sobre assuntos mais problemáticos e difíceis.
Zona de clarificação	Criar um contexto compartilhado	Promover a compreensão mútua, de forma a que os participantes consigam perceber todos os pontos de vista.
Zona convergente	Explorar princípios	Identificar e discutir princípios que promovam a resolução criativa do problema.
	Recontextualização criativa	Identificar os pressupostos básicos de cada um e tentar revertê-los de forma a ganhar perspectivas diferentes.
	Reforçar boas ideias	Avaliação e refinamento das ideias propostas.
Zona de decisão	Votação	Chegar a uma decisão final.

Fonte: Ho, 1999.

Tabelas 2 – Abordagens para agregar preferências num processo decisório.

Decisão	Onde aplicado	Vantagem	Desvantagem
Por autoridade	- Especialistas, autoridades;	- Rápido;	- Não ouve o grupo; - Pode não incluir idéias importantes; - Enfraquece ou corre o risco de não haver participação;
Por maioria	- Participação democrática;	- Rápido; - Democrático, cooperativo; - Aceitam decisão mesmo não tendo sido aceito suas ideias;	- Grupo maior e organizado pode sobrepor desejos de grupos menores, incentivando-os a não participação;
Por minoria negativa	- Eliminação seqüencial de ideias não populares;	- Democrático; - Aplicado onde têm-se muitas ideias;	- Devagar - Membros podem se ressentir em ter suas ideias recusadas;
Por ordenação	- Cada elemento ordena as alternativas, totaliza os pontos das alternativas e o melhor ganha;	- Rápido; - Democrático;	- Pode resultar em algo que ninguém apóia apesar de dar a impressão do contrário;
Por unanimidade ou consenso	- Discussões e negociações são realizadas até que todos membros aceitem o resultado;	- É uma decisão unânime; - Todos membros acham a solução, no mínimo, aceitável;	- Devagar; - Pode ser impossível atingir a unanimidade;

Fonte: Foundation Coalition, 2003.

3. MATERIAL E MÉTODO DA PESQUISA

São apresentadas, neste artigo, quatro abordagens para métodos multidecisores (MM), que exploram a potencialidade do método *VIP Analysis* e diferentes tipos de agregações de preferências (SILVINO, 2008), sendo dois na entrada e dois na saída, como é descrito a seguir:

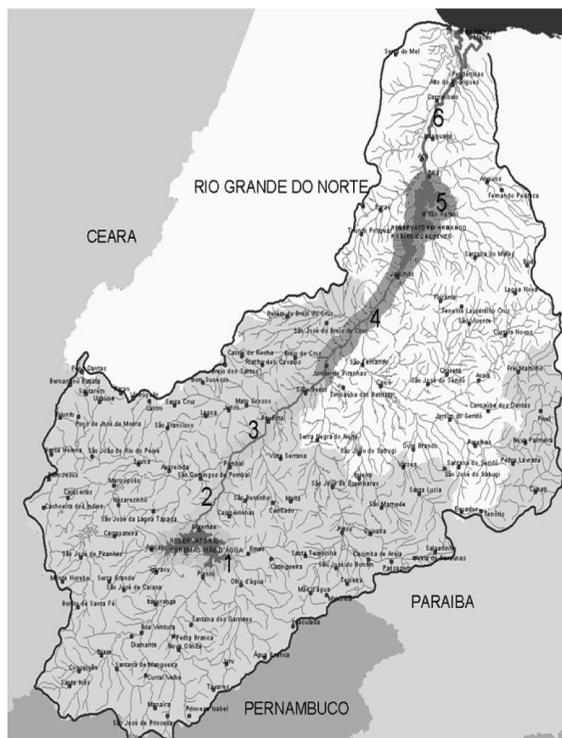
- Método MM1: o peso de cada critério, para a aplicação do método *VIP Analysis*, é obtido através da média dos pesos atribuídos pelos decisores para cada critério (agregação das preferências na entrada).
- Método MM2: aplica-se o método *VIP Analysis* segundo as preferências individuais de cada decisor e obtêm-se os ordenamentos das alternativas e, posteriormente, aplica-se o método de Borda, ou seja, somam-se as ordens obtidas para cada alternativa e a classificação geral se dará na ordem crescente de valores obtidos para uma das alternativas (agregação na saída).

- Método MM3: aplica-se o método *VIP Analysis* em dois estágios: 1- numa primeira fase procura-se ordenar os critérios em termos dos pesos atribuídos pelos decisores (isso é permitido no método *VIP*) e 2 - numa segunda fase faz-se a ordenação das alternativas segundo a ordem obtida no primeiro estágio (agregação na entrada). Esta abordagem é baseada no método de Condorcet, onde privilegia-se a decisão da maioria, sendo que a diferença é que esta abordagem estabelece que a melhor decisão é obtida por votação por maioria simples.
- Método MM4: aplica-se o método *VIP-Analysis* para o máximo intervalo de valores dos pesos atribuídos a cada critério pelos decisores (agregação na entrada, onde o peso de cada critério pode assumir valores contidos entre o máximo e mínimo pesos atribuídos pelos decisores).

3.1. Problema teste

O problema teste, idealizado com quatro usuários, trata-se da representação da alocação de água do sistema Sistema Curema-Açu (Figura 1), localizado na Paraíba, que está dividido em 3 (três) trechos: o trecho I envolve os açudes Coremas Mãe-d'Água com 1.056 usuários cadastrados, o trecho II (objeto de estudo) corresponde ao rio Piancó desde a jusante do açude Coremas até a confluência com o rio Piranhas, neste trecho existem 417 usuários cadastrados e apenas 145 outorgados e, o trecho III compreende o rio Piranhas até a divisa dos Estados Paraíba e Rio Grande do Norte com 500 usuários cadastrado. A situação atual dos usuários cadastrados no sistema Curema-Açu (Trecho Paraíba) é a seguinte: 534 usuários outorgáveis, 634 usuários não outorgáveis (Dispensados de Outorgas) e 849 usuários não recadastrados, considerados pela ANA – Agência Nacional de Águas “cancelados” para o sistema, mas podem estar utilizando a água, totalizando assim 2.017 usuários no trecho paraibano.

Figura 1 – Sistema Coremas-Açu e seus delineados trechos.



Fonte: ANA, 2004.

Neste estudo, busca-se determinar a prioridade de atendimento de usuários hipotéticos quanto à concessão de outorga de água segundo uma análise de aspectos técnicos, sociais, econômicos e ambientais. Estes critérios foram subdivididos em sub-critérios e avaliados conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de Avaliação normalizada.

	Critérios		Usuários			
			1	2	3	4
Técnico	Eficiência	k 1	0,73	0,62	0,70	0,92
	Conservação do Solo	k 2	0,25	1,00	0,75	0,50
	Reserva hídrica	k 3	1,00	0,75	0,25	0,50
Econômico	Eficiência Econômica	k 4	0,16	0,63	0,23	0,19
	Grau de Dependência Hídrica	k 5	0,38	0,69	0,52	0,27
Social	Geração de emprego	k 6	0,52	0,17	0,35	0,26
	Grau de escolaridade	k 7	0,30	0,50	0,80	0,50
Ambiental	Potencial Poluidor	k 8	1,00	0,50	0,25	0,75
	Desmatamento	k 9	0,75	1,00	0,25	0,50

Fonte: Silvino, 2008.

Para avaliar a importância relativa dos critérios e sub-critérios foi feita uma pesquisa com sete técnicos de órgãos governamentais da área de gestão de recursos hídricos. Os pesos atribuídos aos critérios e sub-critérios, segundo a preferência dos decisores e no intervalo compreendido entre 0 e 1, estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Pesos atribuídos aos critérios (%).

Critérios	Técnico	Econômico	Social	Ambiental	TOTAL (%)
Decisores	C1	C2	C3	C4	
1	15	25	20	40	100
2	10	20	40	30	100
3	20	15	30	35	100
4	20	45	10	25	100
5	35	15	20	30	100
6	20	30	40	10	100
7	15	25	40	20	100

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 5 – Pesos atribuídos aos sub-critérios (%).

Critérios			Decisores						
			1	2	3	4	5	6	7
Técnico	Eficiência	k 1	20	70	20	40	40	20	70
	Conservação do Solo	k 2	70	10	50	50	35	70	20
	Reserva hídrica	k 3	10	20	30	10	25	10	10
Econômico	Eficiência Econômica	k4	70	60	40	70	45	20	70
	Grau de Dependência Hídrica	k 5	30	40	60	30	55	80	30
Social	Geração de emprego	k 6	40	70	70	65	40	20	45
	Grau de escolaridade	k 7	60	30	30	45	60	80	55
Ambien-tal	Potencial Poluidor	k 8	70	65	70	40	45	20	55
	Desmatamento	k 9	30	35	30	60	55	80	45

Fonte: Silvino, 2008.

Para resolver o problema de análise multicriterial hierárquica com múltiplos decisores foi aplicado o método *VIP-Analysis*. Como este método não permite a formulação do problema de forma estruturada hierarquicamente, fez-se necessário converter a estrutura hierárquica em não hierárquica segundo apresentado em Silvino (2008). Estas transformações foram denominadas de Transformação Não Hierárquica TNH1- ordena-se primeiro os critérios e depois os sub-critérios (Tabelas 06 e 07), TNH2 - multiplica-se os pesos dos critérios pelos dos sub-critérios (Tabela 08) e TNH3 - foi atribuído ao sub-critério de maior peso, um peso igual ao do respectivo critério, sendo que os demais sub-critérios de um mesmo critério terão seus pesos proporcionais (Tabela 09).

Tabela 6 – Ordem das preferências dos sub-critérios segundo a transformação TNH1 para os decisores.

DECISORES		ORDENAÇÃO DOS SUB-CRITÉRIOS							
1	Ambiental	Econômico		Social		Técnico			
	k8	k9	k4	K5	k7	k6	k2	k1	k3
2	Social	Ambiental		Econômico		Técnico			
	k6	k7	k8	k9	k4	K5	k1	k3	k2
3	Ambiental	Social		Técnico			Econômico		
	k8	k9	k6	k7	k2	k3	k1	K5	k4
4	Econômico	Ambiental		Técnico			Social		
	k4	K5	k9	k8	k2	k1	k3	k6	k7
5	Técnico	Ambiental		Social		Econômico			
	k1	k2	k3	k9	k8	k7	k6	K5	k4
6	Social	Econômico		Técnico			Ambiental		
	k7	k6	K5	k4	k2	k1	k3	k9	k8
7	Ambiental	Técnico			Econômico		Social		
	k8	k9	k1	k2	k3	k4	K5	k7	k6

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 7 – Pesos finais normalizados dos sub-critérios – Transformação TNH1.

	Critérios		Decisores							média
			1	2	3	4	5	6	7	
	Eficiência	k 1	0,94	2,27	5,37	6,20	19,86	4,40	3,24	6,04
Técnico	Conservação do Solo	k 2	3,30	0,32	7,06	6,88	19,42	7,55	0,92	6,49
	Reserva hídrica	k 3	0,47	0,65	5,93	4,13	18,54	3,77	0,46	4,85
Econômico	Eficiência Econômica	k 4	16,48	7,14	1,69	29,78	1,70	11,32	16,18	12,04
	Grau de Dependência Hídrica	k 5	12,87	8,44	5,08	19,97	2,77	19,50	14,48	11,87
Social	Geração de emprego	k 6	7,22	28,57	15,82	2,24	5,78	21,38	24,04	15,01
	Grau de escolaridade	k 7	8,48	23,38	12,43	1,55	6,79	28,93	25,27	15,26
Ambiental	Potencial Poluidor	k 8	27,63	16,07	25,28	13,77	12,19	0,63	8,01	14,80
	Desmatamento	k 9	22,61	13,15	21,33	15,49	12,95	2,52	7,04	13,63

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 8 – Pesos finais normalizados dos sub-critérios - Transformação TNH2.

	Critérios		Decisores							média
			1	2	3	4	5	6	7	
	Eficiência	k 1	3,00	7,00	4,00	8,00	14,00	4,00	10,50	7,20
Técnico	Conservação do Solo	k 2	10,50	1,00	10,00	10,00	12,25	14,00	3,00	8,67
	Reserva hídrica	k 3	1,50	2,00	6,00	2,00	8,75	2,00	1,50	3,39
Econômico	Eficiência Econômica	k 4	17,50	12,00	6,00	31,50	6,75	6,00	17,50	13,87
	Grau de Dependência Hídrica	k 5	7,50	8,00	9,00	13,50	8,25	24,00	7,50	11,09
Social	Geração de emprego	k 6	8,00	28,00	21,00	6,50	8,00	8,00	18,00	13,91
	Grau de escolaridade	k 7	12,00	12,00	9,00	4,50	12,00	32,00	22,00	14,76
Ambiental	Potencial Poluidor	k 8	28,00	19,50	24,50	10,00	13,50	2,00	11,00	15,48
	Desmatamento	k 9	12,00	10,50	10,50	15,00	16,50	8,00	9,00	11,63

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 9 – Pesos finais normalizados dos sub-critérios - Transformação TNH3.

Critérios		Decisores							média	
		1	2	3	4	5	6	7		
	Eficiência	k 1	2,90	6,63	5,07	9,82	17,01	4,44	9,02	7,83
Técnico	Conservação do Solo	k 2	10,16	0,95	12,67	12,28	14,88	15,56	2,58	9,85
	Reserva hídrica	k 3	1,45	1,89	7,60	2,46	12,15	2,22	1,29	4,15
Econômico	Eficiência Econômica	k 4	16,94	13,25	6,33	27,63	5,96	5,83	15,04	12,98
	Grau de Dependência Hídrica	k 5	7,26	8,83	9,50	11,84	7,29	23,33	6,45	10,63
Social	Geração de emprego	k 6	9,03	26,50	19,00	6,14	6,48	7,78	1969	13,50
	Grau de escolaridade	k 7	13,55	11,36	8,14	4,25	9,72	31,11	24,06	14,58
Ambiental	Potencial Poluidor	k 8	27,10	19,88	22,17	10,23	11,93	1,94	12,03	15,02
	Desmatamento	k 9	11,61	10,70	9,50	15,35	14,58	7,78	9,84	11,32

Fonte: Silvino, 2008.

4. ANÁLISES DE DADOS E RESULTADOS

4.1. Resultados para a TNH1

Os resultados da aplicação da TNH1 gerada com o ordenamento dos critérios (OC), Tabela 6, e com entrada direta dos pesos (P), Tabela 7, para os sete decisores são apresentados nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 10 – Ordem dos usuários pelo máximo valor global para os sete decisores – TNH1-OC.

Usuários	Decisores							Soma
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2º	1º	2º	2º	2º	4º	3º	16
2	1º	3º	1º	3º	4º	3º	4º	19
3	3º	4º	4º	4º	1º	2º	2º	20
4	4º	2º	3º	1º	3º	1º	1º	15

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 11 – Ordem dos usuários para os sete decisores – TNH1-P.

Usuários	Decisores							Soma
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2º	1º	1º	2º	2º	3º	3º	14
2	1º	2º	2º	1º	1º	1º	1º	9
3	4º	3º	4º	4º	4º	2º	2º	23
4	3º	3º	3º	3º	3º	4º	4º	23

Fonte: Silvino, 2008.

4.2. Resultados para a TNH2

Os resultados da aplicação da TNH2 para os sete decisores, gerada com o ordenamento dos critérios (OC), segundo a Tabela 12, e com entrada direta dos pesos (P), segundo a Tabela 5, são apresentados nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Tabela 12 – Ordem das preferências dos sub-critérios segundo a TNH2 para os sete decisores.

Decisores	Ordem de prioridades
1	k8 > k4 > k7 = k9 > k2 > k6 > k5 > k1 > k3
2	k6 > k8 > k4 = k7 > k9 > k5 > k1 > k3 > k2
3	k8 > k6 > k9 > k2 > k5 = k7 > k3 = k4 > k1
4	k4 > k9 > k5 > k2 = k8 > k1 > k6 > k7 > k3
5	k9 > k1 > k8 > k2 > k7 > k3 > k5 > k6 > k4
6	k7 > k5 > k2 > k6 = k9 > k4 > k1 > k3 = k8
7	k7 > k6 > k4 > k8 > k1 > k9 > k5 > k2 > k3

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 13 - Ordem dos usuários pelo máximo valor global para os sete decisores – TNH2-OC.

Usuários	Decisores							Soma
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2º	1º	1º	2º	2º	2º	4º	14
2	1º	3º	2º	3º	4º	4º	3º	20
3	3º	4º	3º	4º	3º	3º	2º	22
4	4º	2º	4º	1º	1º	1º	1º	14

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 14 – Ordem dos usuários para os sete decisores – TNH2-P.

Usuários	Decisores							Soma
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2º	1º	2º	2º	2º	2º	2º	13
2	1º	2º	1º	4º	1º	4º	4º	17
3	3º	3º	4º	3º	4º	3º	3º	23
4	4º	4º	3º	1º	3º	1º	1º	17

Fonte: Silvino, 2008.

4.3. Resultados para a TNH3

Os resultados da aplicação da TNH3 para os 7 decisores, gerada com o ordenamento dos critérios (OC), segundo a Tabela 15, e com entrada direta dos pesos (P), segundo a Tabela 9, são apresentados nas Tabelas 16 e 17, respectivamente.

Tabela 15 – Ordem das preferências dos sub-critérios segundo a TNH2 para os decisores.

Decisores	Ordem de prioridades
1	k8 > k4 > k7 > k9 > k2 > k6 > k5 > k1 > k3
2	k6 > k8 > k4 > k7 > k9 > k5 > k1 > k3 > k2
3	k8 > k6 > k2 > k5 = k9 > k7 > k3 > k4 > k1
4	k4 > k9 > k2 > k5 > k8 > k1 > k6 > k7 > k3
5	k1 > k2 > k9 > k3 > k8 > k7 > k5 > k6 > k4
6	k7 > k5 > k2 > k6 = k9 > k4 > k1 > k3 > k8
7	k7 > k6 > k4 > k8 > k9 > k1 > k5 > k2 > k3

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 16 – Ordem dos usuários pelo máximo valor global para os 7 decisores – TNH3-OC.

Usuários	Decisores							Soma
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2º	1º	1º	2º	2º	2º	4º	14
2	1º	3º	2º	3º	1º	4º	3º	17
3	3º	4º	3º	4º	4º	3º	2º	23
4	4º	2º	4º	1º	3º	1º	1º	20

Fonte: Silvino, 2008.

Tabela 17 – Ordem dos usuários para os 7 decisores – TNH3-P.

Usuários	Decisores							Soma
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2º	1º	2º	2º	2º	2º	4º	15
2	1º	2º	1º	1º	1º	4º	2º	12
3	3º	3º	3º	3º	4º	3º	3º	22
4	4º	4º	4º	4º	3º	1º	1º	21

Fonte: Silvino, 2008.

4.4. Resultados para os Métodos Multidecisores MM1, MM2 e MM3

Os ornamentos obtidos para o atendimento aos usuários, segundo o método MM1 (média dos pesos atribuídos aos critérios pelos decisores), para as transformações TNH1, TNH2 e TNH3 (Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente), são apresentados na Tabela 18. Observa-se uma consistência quanto aos ordenamentos obtidos.

Tabela 18 – Ordem dos usuários para o método MM1.

Usuários	TNH1	TNH2	TNH3
1	2º	2º	2º
2	1º	1º	1º
3	4º	4º	4º
4	3º	3º	3º

Fonte: Dados da pesquisa.

Os ordenamentos obtidos, segundo o método MM2, na qual somam-se as ordens obtidas para cada decisor através de cada uma das transformações (coluna soma das Tabelas 10, 11, 13, 14, 16 e 17) e faz-se o ordenamento final, para as transformações TNH1-OC, TNH1-P, TNH2-OC, TNH2-P, TNH3-OC e TNH3-P são apresentadas na Tabela 19 e observa-se que diferentes transformações geram diferentes resultados.

Tabela 19 – Ordem dos usuários para o método MM2.

Usuários	TNH1		TNH2		MAH3	
	OC	P	OC	P	OC	P
1	2º	2º	1º	1º	1º	2º
2	3º	1º	2º	2º	2º	1º
3	4º	3º	3º	3º	4º	4º
4	1º	3º	1º	2º	3º	3º

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao se aplicar o *VIP-Analysis* para atribuir um peso aos critérios segundo as preferências de todos os decisores dadas pelas Tabelas 7, 8 e 9, onde os pesos dos decisores passam a ser critérios e os critérios de julgamento do problema passam a ser alternativas a serem ordenadas, obtém-se a matriz de pesos para os critérios do problema mostrada na Tabela 20.

Tabela 20 – Peso para os critérios segundo a preferência dos decisores para o método MM3.

	TNH1	TNH2	TNH3
k1	0,064	0,072	0,078
k2	0,063	0,087	0,099
k3	0,050	0,034	0,042
k4	0,121	0,139	0,130
k5	0,108	0,111	0,106
k6	0,142	0,139	0,135
k7	0,133	0,148	0,146
k8	0,168	0,155	0,150
k9	0,152	0,116	0,113

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao, novamente, aplicar o *VIP-Analysis* para ordenar as alternativas para as transformações TNH1, TNH2 e TNH3, quer considerando como pesos os valores das Tabelas 7, 8 e 9, denominado TNH_i-P, ou seus ordenamentos, TNH_i-OC; obtém-se os resultados apresentados nas Tabelas 21 e 22. O que se observa é que não houve mudança na ordem dos usuários, qualquer que fosse o método aplicado.

Tabela 21 – Típica saída do software-*VIP Analysis* (DIAS; CLÍMACO, 2000) mostrando a classificação dos usuários segundo ordenamento dos critérios.

Summary	Range	Confrontation	Max Regret		
Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
a1	0.534	0.48	1	0.161	
a2	0.618	0.39	0.651	0.5	
a3	0.454	0.25	0.525	0.75	YES
a4	0.473	0.412	0.75	0.25	YES

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 22 – Ordem dos usuários obtidos pelo método MM3.

Usuários	TNH1		TNH2		TNH3	
	OC	P	OC	P	OC	P
1	2º	2º	2º	2º	2º	2º
2	1º	1º	1º	1º	1º	1º
3	4º	4º	4º	4º	4º	4º
4	3º	3º	3º	3º	3º	3º

Fonte: Dados da pesquisa.

Para aplicação do método MM4 foram impostas as restrições, que procuram satisfazer todos os pesos atribuídos para cada critério: $3,00 \leq k_1 \leq 14,00$; $1,00 \leq k_2 \leq 14,00$; $1,50 \leq k_3 \leq 8,75$; $6,00 \leq k_4 \leq 31,50$; $7,50 \leq k_5 \leq 24,00$; $6,50 \leq k_6 \leq 28,00$; $4,50 \leq k_7 \leq 32,00$; $2,00 \leq k_8 \leq 28,00$ e $8,00 \leq k_9 \leq 16,50$. O resultado obtido é apresentado na Tabela 23, na qual se tem a seguinte classificação: usuário2>usuário3>usuário1>usuário4.

Tabela 23 – Resultado do software *VIP-Analysis* para o método MM4.

Summary	Range	Confrontation	Max Regret	
Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret
a1	0.448	0.343	0.719	0.329
a2	0.516	0.482	0.729	0.181
a3	0.468	0.314	0.608	0.359
a4	0.392	0.306	0.577	0.361

Fonte: Dados da pesquisa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou seis transformações de análise hierárquica em não hierárquica (TNH1-OC, TNH1-P, TNH2-OC, TNH2P, TNH3-OC, TNH3-P) e quatro abordagens para agregar preferências em análises multidecisoros (MM1, MM2, MM3 e MM4).

As transformações de problemas hierárquicos em não hierárquicos visam gerar um problema equivalente não hierárquico, a fim de usar métodos comuns disponíveis na prática, determinando uma ordem de preferência para os sub-critérios (OC) ou pesos (P). A transformação depende da interpretação dos decisores com relação aos níveis hierárquicos, quer seja atribuindo aos níveis superiores uma importância maior ou promovendo uma relação linear entre eles. Observou-se, pelos resultados obtidos com um problema teste, que diferentes métodos de transformação hierárquica geram diferentes resultados, o que leva a concluir que faz mister escolher apropriadamente, de acordo com o desejo dos decisores e num processo de negociação, a transformação hierárquica a ser utilizada.

Procurou-se mostrar, através de quatro métodos, que um problema multidecisor pode ser tratado através de vários métodos, dependendo do processo de negociação. As duas abordagens básicas foram adotadas: agregação de preferências no início (busca de um peso para os critérios que satisfaçam a todos) e no fim (formas de compatibilizar o ordenamento das alternativas para cada um dos decisores em um único). Observou-se, também, que diferentes agregações de preferências podem levar a obtenção de diferentes resultados, o que leva a concluir que é importante ter definida as regras que sejam aceitas pelos decisores e usadas na transformação de preferências individuais em coletivas.

Finalmente, conclui-se que as transformações de problemas hierárquicos em não hierárquicos e abordagens de agregação de preferências apresentadas neste trabalho podem fornecer um arcabouço matemático aos problemas hierárquicos e multi-decisores, pois sabe-se que, na maioria dos casos em que este método é utilizado, a aplicação somente é feita através de processo de negociação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKTER, T.; SIMONOVIC, S. S. **A general overview of multi-objective multi-participant decision making for flood management**, Dept of Civil and Environmental Engg., University of Western Ontario, London, Ontario, Technical Report, 65p., 2002.

DIAS, L. C.; CLÍMACO, J. N. Additive Aggregation with Variable Interdependent Parameters: the VIP Analysis Software. **Journal of Operational Research Society**, v. 51, n. 9, 1070-1082, 2000.

DIAS, L. C.; CLÍMACO, J. N. Dealing with imprecise information in group Multicriteria decisions: A methodology and a GDSS architecture. **European Journal of Operational Research**, v. 160, p. 291-307, 2005.

DUTTA, P. **Strategies and Games: Theory and Practice**, MIT Press, 2000

FOUNDATION COALITION, **Methods for decision making**. Disponível em: <http://www.foundationcoalition.org/home/keycomponents/teams/decision2.html>. Acesso em: 25 de março de 2003.

GOMES, E. L.; ALENCAR, M. C. F. Proposição de um índice de produção para bibliotecas com uso do método macbeth, **Engevista**, v. 7, n. 1, p. 21-31, 2005.

LEYVA-LÓPEZ, J. C.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, E. A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. **European Journal of Operational Research**, v.148, p. 14-27, 2003.

RAIFFA, H. **Teoria da decisão**. Petrópolis: Vozes; São Paulo: Ed. da USP, 1977.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. **Aide multicritère à la décision: méthodes et cas**. Paris: Economica, 1993.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; LETA, F. R.; PESSOLANI, R. B. V. Conceitos básicos do Apoio Multicritério à Decisão e sua aplicação no Projeto Aerodesign. **Engevista**, v. 5, n. 8, p. 22-35.

SILVINO, G. S. **Aplicações de Modelos Multicriteriais Hierárquicos e Multidecisores para Alocação de Água no Sistema Curema-Açu**, Tese Doutorado em Recursos Naturais – UFCG – CTRN, Campina Grande – PB, 2008.

ZUFFO, A. C. **Seleção e Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento Ambiental de Recursos Hídricos**. Tese de Doutorado. 302 pg. Universidade de São Paulo. Pós Graduação em Engenharia de Civil. São Paulo – SP, 1998.