

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO  
TEMÁTICO EM RECURSOS NATURAIS**

**APLICAÇÕES DE MODELOS MULTICRITERIAIS HIERÁRQUICOS E  
MULTIDECISORES PARA ALOCAÇÃO DE ÁGUA NO SISTEMA  
CUREMA-AÇU**

Guttemberg da Silva Silvino

Campina Grande - PB  
Dezembro - 2008

**APLICAÇÕES DE MODELOS MULTICRITERIAIS HIERÁRQUICOS E  
MULTIDECISORES PARA ALOCAÇÃO DE ÁGUA NO SISTEMA  
CUREMA-AÇU**

por

**Guttemberg da Silva Silvino**

---

Tese apresentada ao Programa Institucional de Doutorado Temático em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, como requisito à obtenção do Título de Doutor em Recursos Naturais.

Orientadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosires Catão Curi  
Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi

Campina Grande – PB  
Dezembro de 2008

## FICHA CATALOGRÁFICA

2008      Silvino, Guttemberg da Silva  
Aplicações de Modelos Multicriteriais Hierárquicos e Multidecisores para  
Alocação de Água no Sistema Curema-Açu / Guttemberg da Silva Silvino –  
Campina Grande, 2008.

Referências: Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal  
de Campina Grande – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Doutora Rosires Catão Curi e Doutor Wilson Fadlo Curi

Guttemberg da Silva Silvino

**APLICAÇÕES DE MODELOS MULTICRITERIAIS HIERÁRQUICOS E  
MULTIDECISORES PARA ALOCAÇÃO DE ÁGUA N O SISTEMA  
CUREMA-AÇU**

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Doutor em **Recursos Naturais, no Programa Institucional de Doutorado Temático em Recursos Naturais** da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Campina Grande – PB, Dezembro de 2008.

Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo  
Coordenador do Curso

**BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosires Catão Curi  
Orientadora

Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi  
Orientador

Prof. Dr. José Dantas Neto / UFCG  
Examinador

Prof. Dr. Cristiano das Neves Almeida/UFPB  
Examinador Externo

Prof. Dr. Marx Prestes Barbosa / UFCG  
Examinador

Prof. Dr. Ricardo de Aragão/UFS  
Examinador Externo

A Millena, Mirelle, Marianne e Verônica que sempre me incentivaram, encorajando-me em todos os momentos desta caminhada, dedico este trabalho.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, maior prova de nossa existência, por dar-me coragem para enfrentar mais um desafio, permitindo-me obter esta realização;

Aos meus Orientadores – Professores Dra. Rosires Catão Curi e Dr. Wilson Fadlo Curi que acreditaram no projeto e comigo compartilharam experiências, mostrando -me seus olhares críticos e construtivos, auxiliando-me, sobremaneira, na superação dos desafios e na concretização deste trabalho;

Aos meus pais Serício Pereira da Silva e Matildes Silvino da Silva pelo apoio, dedicação e contribuição constante na minha formação, fazendo com que seus sonhos se transformassem em grandes realizações e vitórias;

A minha irmã Eudésia Silvino, seu esposo Haile e seus filhos Hailinho e Humberto, pelo apoio, sempre presente em todos os momentos com suas orações sempre bem vindas;

Ao meu inesquecível irmão (in memoriam) Bertinho, que sempre estará presente no meu coração e nos meus pensamentos, pois tem transmitido energia positiva, e com esta energia somei forças para a concretização deste trabalho;

A minha amada esposa Verônica e as minhas queridas filhas Millena, Mirelle e Marianne, que comigo compartilharam o ideal e me alimentaram o sonho, ofertando-me estímulo, carinho e atenção dia a dia;

Aos meus familiares: Tios, tias e primos que sempre me deram apoio financeiro, ético e moral;

Aos demais professores do Programa de Doutorado em Recursos Naturais, os quais me legaram o conhecimento, fortalecendo-me no propósito acadêmico;

Em especial ao Dr. Gustavo Nogueira pelo grande incentivo e ajuda durante todo meu curso;

Aos Professores Dr. Cristiano das Neves Almeida, Dr. Ricardo de Aragão, Dr. José Dantas Neto e Dr. Marx Prestes Barbosa, meus agradecimentos pelas contribuições valiosas;

Aos doutorandos do Programa, pelas enriquecedoras discussões firmadas acerca do tema desta tese;

Aos colegas da AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, empresa onde trabalho e onde obtive aprendizado e experiência, em especial ao Dr. Laudízio da Silva Diniz que sempre nos apoiou e incentivou para a conclusão deste trabalho;

Em especial aos amigos Isnaldo e Célia pelo incentivo e pela confiança em disponibilizar sua casa, onde passei vários dias finalizando este trabalho;

Aos amigos Carlos Lamarque e Alexandre Magno pela disposição em ajudar sempre que foi necessário;

A todos os especialistas que responderam o questionário, pela valiosa contribuição de bom senso e de experiência profissional;

À equipe participante das reuniões do Marco Regulatório do Sistema Curema -Açu, em especial, aos representantes da ANA, DNOCS, SECTMA, AESA, SEMARH e IGARN, pela inestimável contribuição, durante a realização da pesquisa e do estudo objeto deste trabalho;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xv
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</b> .....	xvii
<b>RESUMO</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	1
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	4
1.2.1 – Objetivos Principais .....	4
1.2.2 – Objetivos Específicos .....	4
<b>1.3 ESCOPO DO TRABALHO</b> .....	5
<b>CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	7
<b>2.1 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	7
2.1.1 A Nova Fase da Gestão de Recursos Hídricos – Lei 9.433/Lei das Águas .....	7
2.1.1.2 Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos .....	8
2.1.1.2.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) .....	8
2.1.1.2.2 Comitês de Bacias Hidrográficas .....	9
2.1.1.2.3 Agências de Água .....	10
2.1.1.3 Os Instrumentos de Gestão da Nova Lei das Águas .....	10
2.1.1.3.1 Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos .....	11
2.1.1.3.2 Outorga .....	12
<b>2.2 ALOCAÇÃO DE ÁGUA ATRAVÉS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO</b> .....	13
2.2.1 Mecanismos de Alocação de Água .....	14
2.2.2 Critérios de Avaliação dos Mecanismos de Alocação .....	18
2.2.3 Importância da Outorga como instrumento no processo de alocação de água.....	19
2.2.4 Sistema de Suporte a Decisão de Alocação de Água .....	21
2.2.5 Apoio Multicritério a Decisão - AMD.....	22
2.2.5.1 Principais metodologias para AMD .....	24
2.2.5.2 Experiências com Aplicação dos Métodos na Análise Multicriterial .....	27



2.2.5.2.1	Aplicação do Método Multicriterial no Processo de Outorga.....	29
2.2.5.2.2	Alguns Estudos de Caso com o VIP Analysis.....	30
2.2.6	Análise Hierárquica .....	32
2.2.7	Análise Multi-decisores .....	34
<b>CAPÍTULO III - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS -AÇU .....</b>		<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>LOCALIZAÇÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>ASPECTOS FISIOGRÁFICOS E CLIMATOLÓGICOS .....</b>	<b>38</b>
3.2.1	Caracterização territorial da Bacia do Rio Piranhas –Açu .....	38
3.2.1.2	Climatologia .....	41
3.2.1.3	Geologia .....	42
3.2.1.4	Solos .....	43
3.2.1.5	Vegetação .....	43
<b>3.3</b>	<b>RECURSOS HÍDRICOS .....</b>	<b>44</b>
3.3.1	Recursos hídricos superficiais .....	44
3.3.2	Recursos hídricos subterrâneos .....	46
3.3.3	Aspectos sócio-econômicos .....	47
<b>3.4</b>	<b>DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>49</b>
3.4.1	O Sistema Curema-Açu.....	49
3.4.1.1	Demandas hídricas no Sistema Curema -Açu .....	53
3.4.1.2	Representação do trecho 2 no sistema Curema -Açu .....	54
<b>CAPÍTULO IV - METODOLOGIA PROPOSTA .....</b>		<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>O MÉTODO MULTICRITERIAL UTILIZADO .....</b>	<b>55</b>
4.1.1	Justificativa para escolha do método .....	55
4.1.2	O Método VIP Analysis .....	56
4.1.3	Aplicação do Método VIP – Metodologia utilizada .....	58
4.1.3.1	Matriz de Avaliação .....	58
<b>4.2</b>	<b>DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS .....</b>	<b>59</b>
4.2.1	Critérios atribuídos por Kelman (2000) .....	60
4.2.1.1	Lei da Selva Hídrica .....	61
4.2.1.2	Prioridade cronológica .....	61
4.2.1.3	Custo de Oportunidade .....	62
4.2.2	Critérios e Sub-critérios atribuídos de acordo com a metodologia proposta ....	62
4.2.2.1	Critérios técnicos .....	63

4.2.2.2 Critérios Econômicos .....	65
4.2.2.3 Critérios Sociais .....	66
4.2.2.4 Critérios Ambientais .....	68
<b>4.3 ALIMENTAÇÃO DO VIP ANALYSIS .....</b>	<b>69</b>
4.3.1 Matriz de Avaliação Normalizada.....	69
4.3.2 Definição dos Pesos e Constantes de Escala.....	70
4.3.2.1 Análises Hierárquicas e Estabelecimento de Métodos .....	72
4.3.2.1.1 Método de Análise Hierárquica 1 – MAH 1 .....	73
4.3.2.1.2 Método de Análise Hierárquica 2 – MAH 2 .....	76
4.3.2.1.3 Método de Análise Hierárquica 3 – MAH 3.....	77
4.3.3 Análise Multi-decisores.....	78
<b>CAPÍTULO V - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>81</b>
<b>5.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA .....</b>	<b>81</b>
5.1.1 Aplicação para um Exemplo com quatro usuários.....	82
5.1.1.1 Geração da Matriz de Avaliação .....	82
5.1.1.2 Geração de Cenários Decisórios de Prioridade par a Acesso a Água .....	82
5.1.1.2.1 Cenário 01 (Decisor 1).....	83
5.1.1.2.2 Cenário 02 (Decisor 2) .....	86
5.1.1.2.3 Cenário 03 (Decisor 3) .....	88
5.1.1.2.4 Cenário 04 (Decisor 4) .....	90
5.1.1.2.5 Cenário 05 (Decisor 5) .....	92
5.1.1.2.6 Cenário 06 (Decisor 6) .....	94
5.1.1.2.7 Cenário 07 (Decisor 7) .....	96
5.1.1.3 Resultados das Aplicações dos três Métodos Hierárquicos .....	98
5.1.1.3.1 Resultados da Aplicação do Método - MAH 1.....	98
5.1.1.3.2 Resultados da Aplicação do Método - MAH 2 .....	99
5.1.1.3.3 Resultados da Aplicação do Método - MAH 3 .....	99
5.1.1.4 Comparação entre os Métodos e Análises dos Resultados .....	100
5.1.1.4.1 Comparação do Método MAH 1 -OC com Kelman .....	100
5.1.1.4.2 Comparação do Método MAH 1 -P com Kelman .....	101
5.1.1.4.3 Comparação do Método MAH 2 -OC com Kelman .....	101
5.1.1.4.4 Comparação do Método MAH 2 -P com Kelman .....	102

5.1.1.4.5 Comparação do Método MAH 3 -OC com Kelman .....	102
5.1.1.4.6 Comparação do Método MAH 2-P com Kelman .....	102
5.1.1.4.7 Comparação entre os Métodos MAH 1 -OC e MAH 2-OC .....	103
5.1.1.4.8 Comparação entre os Métodos MAH 1 -P e MAH 2-P .....	103
5.1.1.4.9 Comparação entre os Métodos MAH 1 -OC e MAH 3-OC .....	104
5.1.1.4.10 Comparação entre os Métodos MAH 1 -P e MAH 3-P .....	104
5.1.1.4.11 Comparação entre os Métodos MAH 2 -OC e MAH 3-OC .....	105
5.1.1.4.12 Comparação entre os Métodos MAH 2 -P e MAH 3-P .....	105
<b>5.1.2 Aplicação da Análise Multi-decisores .....</b>	<b>105</b>
5.1.2.1 Aplicação do método multi-decisor 1 (MMD 1) .....	106
5.1.2.2 Aplicação do método multi-decisor 2 (MMD 2) .....	107
5.1.2.3 Aplicação do método multi-decisor 3 (MMD 3) .....	108
5.1.2.4 – Resumo dos métodos multi-decisores.....	108
<b>5.1.3 Estudo de Caso - Aplicação na Bacia do Rio Piranhas Açú .....</b>	<b>109</b>
5.1.3.1 Aplicação da metodologia para o trecho 2 do Sistema Curema -Açu .....	109
5.1.3.2 Aplicação da Análise Hierárquica com Ordenação dos Critérios.....	111
5.1.3.2.1 Resultados Obtidos com Aplicação dos Métodos de Análise Hierárquica com ordenação dos critérios (OC).....	116
5.1.3.2.2 Análises dos Resultados da Aplicação com Ordenamento dos Critérios.....	124
5.1.3.3 Aplicação da Análise Hierárquica com Aplicação Direta dos Pesos .....	126
5.1.3.3.1 Comparação entre os métodos de análise hierárquica por decisor .....	126
5.1.3.4 Aplicação do Método multi-decisores .....	127
5.1.3.4.1 Aplicação do MMD 1 – Método Multi-decisor 1 .....	127
5.1.3.4.2 Aplicação do MMD 2 – Método Multi-decisor 2 .....	128
5.1.3.4.3 Aplicação do MMD 3 – Método Multi-decisor 3 .....	129
<b>CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>130</b>
6.1 CONCLUSÕES .....	130
6.2 RECOMENDAÇÕES .....	133
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>141</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Inter-relação entre os instrumentos da PNRH .....	11
Figura 3.1 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas .....	40
Figura 3.2 - Localização da área de estudo .....	4 1
Figura 3.3 - Sistema Curema-Açu – Divisão dos trechos .....	51
Figura 3.4 - Disponibilidade hídrica do Sistema Curema -Açu .....	53
Figura 4.1 – Fluxograma de definição dos critérios de avaliação .....	59
Figura 4.2 – Estrutura hierárquica para o sistema .....	60
Figura 4.3 – Situação onde $Q = d$ (disponibilidade hídrica igual a demanda). .....	61
Figura 4.4 – Situação de escassez hídrica $Q < d$ (Disponibilidade hídrica menor que a demanda.....)	61
Figura 4.5 – Exemplo de distribuição de água pela ordem cronológica ( $Q < d$ ) .....	62
Figura 4.6 – Exemplo de distribuição de água pela ordem cronológica ( $Q < d$ ) .....	62
Figura 4.7 – Matriz de avaliação normalizada no VIP Analysis .....	70
Figura 4.8 – Fluxograma da Metodologia para análise hierárquica .....	72
Figura 4.9 – Fluxograma da Metodologia para Análise Multi -decisor .....	80
Figura 5.1 – Localização dos usuários e níveis de satisfação.....	83
Figura 5.2 – Amplitude de valor global das alternativas – Decisor 1 .....	84
Figura 5.3 – Resumo dos resultados do VIP Analysis - Decisor 1 .....	85
Figura 5.4 – Matriz de confrontação – Decisor 1 .....	85
Figura 5.5 – Ordem de prioridades de alocação segundo o decisor 1 .....	86
Figura 5.6 – Amplitude de valor global das alternativas – Decisor 2 .....	87
Figura 5.7 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do Decisor 2 .....	87
Figura 5.8 – Ordem de prioridades de alocação segundo o decisor 2 .....	88
Figura 5.9 – Amplitude de valor global das alternativas – Decisor 3 .....	89
Figura 5.10 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 3 .....	89
Figura 5.11 – Matriz de confrontação – decisor 3 .....	89
Figura 5.12 – Ordem de prioridades de alocação segundo o decisor 3 .....	90
Figura 5.13 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 4 .....	91
Figura 5.14 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 4 .....	91
Figura 5.15 – Matriz de confrontação – decisor 4 .....	92
Figura 5.16 – Ordem de prioridades de alocação segundo o decisor 4 .....	92
Figura 5.17 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 5 .....	93

Figura 5.18 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 5 .....	93
Figura 5.19 –.. Ordem de prioridades de alocação segundo o decisor 5 .....	94
Figura 5.20 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 6 .....	95
Figura 5.21 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 6 .....	95
Figura 5.22 – Ordem de prioridades de alocação segundo o decisor 6 .....	96
Figura 5.23 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 7.....	97
Figura 5.24 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 7.....	97
Figura 5.25 – Ordem de prioridade de alocação segundo o decisor 7.....	97
Figura 5.26 – Evolução do volume armazenado no Açude Coremas Mãe d’Água.....	110
Figura 5.27 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-OC / MAH 2-OC.....	123
Figura 5.28 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-OC / MAH 3-OC.....	123
Figura 5.29 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 2-OC / MAH 3-OC.....	123
Figura 5.30 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-OC / MAH 2-OC.....	125
Figura 5.28 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-OC / MAH 3-OC.....	125
Figura 5.29 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 2-OC / MAH 3-OC.....	125

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 3.1 – Principais açudes inseridos no Estado da Paraíba.....	44
Quadro 3.2 – Principais açudes inseridos na Bacia no Rio Grande do Norte.....	45
Quadro 4.1 – Matriz de Avaliação.....	58
Quadro 4.2 – Critérios e sub-critérios.....	70
Quadro 4.3 – Ordenação de preferência dos decisores para os critérios.....	74
Quadro 4.4 – Ordenação de preferências - Método (MAH 1).....	76
Quadro 4.5 – Ordenação final de preferências – Método (MAH 2) .....	77
Quadro 4.6 – Ordenação final de preferências – Método (MAH 3).....	78
Quadro 5.1 – Usuários de água (uso para irrigação difusa).....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Ordenamento de usos do Sistema Curema -Açu.....	53
Tabela 3.2 – Situação dos usuários Sistema Curema -Açu na Paraíba .....	54
Tabela 4.1 – Dados de 4 usuários de água do modelo de Kelman (2000).....	60
Tabela 4.2 – Pesos atribuídos aos critérios em (%).....	71
Tabela 4.3 – Pesos atribuídos aos sub-critérios (%).....	71
Tabela 4.4 – Peso final do sub-critério - Método (MAH 2).....	77
Tabela 4.5 – Pesos parciais – Método (MAH 3).....	78
Tabela 4.6 – Pesos finais normalizados – Método (MAH 3).....	78
Tabela 5.1 – Matriz de Avaliação para 4 usuários de água .....	82
Tabela 5.2 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 1-OC) .....	98
Tabela 5.3 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 1 -P) .....	99
Tabela 5.4 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 2-OC) .....	99
Tabela 5.5 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 2 -P) .....	99
Tabela 5.6 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 3-OC) .....	100
Tabela 5.7 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 2-P) .....	100
Tabela 5.8 – Comparação entre o método MAH 1-OC com Kelman .....	100
Tabela 5.9 – Comparação entre o método MAH 1 -P com Kelman .....	101
Tabela 5.10 – Comparação entre o método MAH 2-OC com Kelman .....	101
Tabela 5.11 – Comparação entre o método MAH 2 -P com Kelman .....	102
Tabela 5.12 – Comparação entre o método MAH 3-OC com Kelman .....	102
Tabela 5.13 – Comparação entre o método MAH 3 -P com Kelman .....	103
Tabela 5.14 – Comparação dos Métodos MAH 1-OC com MAH 2-OC.....	103
Tabela 5.15 – Comparação dos Métodos MAH 1 -P com MAH 2-P.....	104
Tabela 5.16 – Comparação dos Métodos MAH 1-OC com MAH 3-OC.....	104
Tabela 5.17 – Comparação dos Métodos MAH 1 -P com MAH 3-P.....	104
Tabela 5.18 – Comparação dos Métodos MAH 2-OC com MAH 3-OC.....	105
Tabela 5.19 – Comparação dos Métodos MAH 2 -P com MAH 3-P.....	105
Tabela 5.20 – Matriz de Avaliação com os pesos dos decisores para os critérios .....	106
Tabela 5.21 – Matriz transposta da Tabela 5.20.....	106
Tabela 5.22 – Cálculo das médias dos decisores .....	107

Tabela 5.23 – Posição de classificação dos usuários de acordo com a tabela 5.4. ....	108
Tabela 5.24 – Resultados das ordenações obtidos pelos métodos multi -decisores.....	109
Tabela 5.25 – Matriz de Avaliação para 145 usuários .....	113
Tabela 5.26 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 métodos para o Decisor 1.....	116
Tabela 5.27 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 métodos para o Decisor 2.....	117
Tabela 5.28 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 métodos para o Decisor 3.....	118
Tabela 5.29 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 métodos para o Decisor 4.....	119
Tabela 5.30 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 métodos para o Decisor 5.....	120
Tabela 5.31 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 métodos para o Decisor 6.....	121
Tabela 5.32 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 métodos para o Decisor 7.....	122
Tabela 5.33 – Ordenação dos usuários de acordo com o MMD 1 .....	127
Tabela 5.34 – Ordenação dos usuários de acordo com o MMD 2 .....	128
Tabela 5.35 – Ordenação dos usuários de acordo com o MMD 3 .....	129



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAGISA - Agência de Águas, Irrigação e Saneamento do Estado da Paraíba  
ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos  
AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba  
ANA – Agência Nacional de Águas  
ADM - Apoio à Decisão Multicritério  
ARG – Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves  
CEEIVAP - Comitê Executivo da Bacia do Rio Paraíba do Sul  
CESP - Companhia Energética de São Paulo  
CHESF – Companhia Hidrelétrica do Estado do São Francisco  
CNARH – Cadastro Nacional de Usuários de Recurso Hídricos  
CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco  
COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos  
DNOCS – Departamento Nacional de Obras contra a Seca  
GAMAR – Grupo de Acompanhamento do Marco Regulatório  
GRH - Gerenciamento de Recursos Hídricos  
GDH – Grau de Dependência Hídrica  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente  
IDH-M - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal  
IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte  
IOCS – Inspeção de Obras Contra as Secas  
MAH 1 – Método de Análise Hierárquica 1  
MAH 2 – Método de Análise Hierárquica 2  
MAH 3 – Método de Análise Hierárquica 3  
MAH –OC – Método de Análise Hierárquica com aplicação dos ordenamentos dos critérios  
MAH –P – Método de Análise Hierárquica com aplicação direta dos pesos  
MCDM – Multiple Criteria Decision-Making  
MCDA – Multiple Criteria Decision-Aid  
MMD 1 – Método Multi-decisor 1  
MMD 2 – Método Multi-decisor 2  
MMD 3 – Método Multi-decisor 3  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PERH-PB – Plano Estadual de Recursos Hídricos/Paraíba  
PBHSF - Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco  
PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos  
SEMARH – Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais  
SERHID – Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte  
SISMODH - Sistema Modular de Avaliação da Disponibilidade Hídrica  
SNGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos  
SADE - Sistema de Apoio a Decisão Espacial  
SSD – Sistema de Suporte a Decisão  
UFCG – Universidade Federal de Campina Grande  
VIP – Variable Interdependent Parameters

## RESUMO

A cada dia aumentam-se as demandas por água, podendo-se gerar situações de conflito quanto à alocação deste líquido escasso e precioso. Em casos onde a demanda seja superior à oferta, como na região Nordeste, há a necessidade de se planejar e verificar como será feita a alocação da água, através do instrumento de outorga, de forma a minimizar potenciais conflitos. Para isso, aspectos sócio-econômicos e ambientais estruturados de forma sistêmica e hierárquica, além da possibilidade de se terem múltiplos decisores, devem ser levados em consideração. No entanto, não existe a disponibilidade de softwares para análise multicritério que contemplem a análise hierárquica, múltiplos decisores e possibilidade de incertezas no julgamento das importâncias relativas dos critérios. Três métodos de transformação de um sistema hierárquico de preferências em não hierárquico e três métodos para análise multidecisores, que permitam fazer uso de softwares multicritérios comuns, são apresentados e analisados neste trabalho. Estas metodologias foram aplicadas a dois estudos: um fictício com quatro usuários, nove critérios estruturados hierarquicamente e sete decisores, para melhor se analisar o desempenho dos métodos, e outro visando o estudo de potenciais pedidos de outorga de usuários cadastrados no trecho 2 do sistema Curema-Açu inserido em território paraibano. A água, que é ofertada pelo Açude Curema-Mãe D'água, é fonte de conflitos entre usuários da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Foi utilizado o modelo multicritério de apoio à decisão VIP Analysis, que tem como características a propriedade aditiva e a possibilidade de inserir incertezas na avaliação das preferências dos decisores. As análises efetuadas levaram em consideração a definição de pesos específicos ou apenas ordem de preferências dos critérios. Os resultados mostram que os métodos hierárquicos apresentados geraram resultados diferentes e que os métodos multidecisores geraram resultados iguais. Dada a característica aditiva do VIP Analysis, a análise hierárquica mais indicada seria aquela em que os pesos dos sub-critérios são obtidos pela multiplicação hierárquica de seus pesos atribuídos pelos decisores.

**Palavras chaves:** Sistema Curema-Açu, análises hierárquicas, múltiplos decisores, sistema de apoio à decisão.

## ABSTRACT

The water demands increase everyday and may generate situations of conflicts regarding to the allocation of this precious and scarce liquid among its users. In cases where the water demand is superior its availability, like the North east region of Brazil, there is the need of a careful planning of water allocation, through the water rights instrument, to minimize potential water users' conflicts. In order to achieve that, social, economic and environmental aspects, structured in a hierarchical and systemic way, as well as multi decision makers, should be taken into account. On the other hand, there are no softwares that perform a multicriteria analysis taking into account a hierarchical structure, multi decision makers and the possibility of including uncertainties in their judgment with respect to the relative importance of criteria. Therefore three methods for transforming a hierarchic problem into a non hierarchic problem and three methods for multi decision makers analysis are presented and analyzed in this work. These methodologies were applied at two study cases: a hierarchically structured fictitious one with 4 users, 9 criteria and 7 decision makers, and to a study of potential water rights grants priorities to be provided to users of river reach 2 of Curema-Açu system, in Paraíba state. The water supplied by the Curema-Mãe D'Água reservoir, in this system, is source of conflicts among water users of Paraíba and Rio Grande do Norte states. The VIP Analysis, a multicriteria decision support system that has characteristics such as additive property and possibility of considering uncertainties in criteria weights, was used. The analyses were performed for scenarios where criteria weights were well defined or only their ranking was considered. The results have shown that different hierarchical methods produced different results, while different multi decision makers methods produced equal results. The indicated hierarchic analysis, given the additive property of VIP Analysis, is the one where the decision makers attributed weights to sub criteria were generated from their multiplication bottom up.

**Key words:** Curema-Açu system, hierarchical analyses, multi decision makers, decision support system

## CAPÍTULO 1

---

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A gestão de água tem por objetivo promover o uso adequado, o controle e a proteção dos recursos hídricos. No Brasil, para contribuir com a gestão dos recursos hídricos foi instituída em 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos através da Lei Federal nº 9.433 que regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal de 1988. Dentre os instrumentos de gestão citados na lei está a outorga do direito de uso dos recursos hídricos. Todavia, nota-se que a outorga não é um instrumento de fácil implementação e administração. Sua complexidade advém, de um lado, da própria natureza dos recursos hídricos, com seus usos e atributos múltiplos em um quadro de ocorrência estocástica e demandas crescentes, e do outro, do contexto em que se insere seu gerenciamento envolvendo interesses conflitantes e os mais distintos atores, desde os órgãos públicos gestores e entidades da sociedade civil até os usuários finais da água (Azevedo, et al. 2003).

De acordo com Lima (2004), um dos principais pontos de conflito no sistema Curema-Açu, está à montante do complexo Curema Mãe D'água, pois existem mais de 20 açudes de médio a grande porte. Outro problema está a jusante dos açudes, pois está inserido em uma bacia hidrográfica Federal que regulariza os usos dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Para tentar solucionar estes conflitos foi estabelecido entre a Agência Nacional de Águas (ANA), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e os órgãos gestores dos dois estados, a elaboração de um documento denominado Marco Regulatório, emitido através da Resolução 687/2004 -ANA, que estabelece como disponibilidade hídrica uma vazão de  $7,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Observa-se que, a cada dia, crescem de forma assustadora as demandas por água no País e, em consequência disso, acontecem os conflitos pela sua apropriação. No caso específico da área de estudo, a situação não é diferente. Atualmente, existem 2006 usuários cadastrados no sistema Curema-Açu (Trecho Paraíba) e destes, 1157 usuários são considerados válidos para sistema Curema-Açu, pois existem 602 usuários outorgáveis e

555 usuários não outorgáveis (Dispensados de Outorgas). Ainda existem 849 usuários não recadastrados, considerados “cancelados” para o sistema, mas podem estar utilizando a água (ANA, 2007).

Observa-se, a partir do banco de dados, que os usuários considerados “cancelados” no trecho paraibano são relevantes, uma vez que os mesmos poderão estar utilizando a água do sistema, mesmo sem outorga ou dispensa de outorga. É importante observar, também, que existe uma demanda para atendimento da irrigação das várzeas de Sousa, através do canal Antonio Mariz. Porém parte desta água deverá ser utilizada por cerca de 70 usuários que estão nas margens do canal, conforme cadastro de usuários, realizado pela AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, Paraíba (2006)

Neste sentido, precisa-se de uma ferramenta como os sistemas de suporte a decisão (SSD), que tenha aplicação direta nesta área que sejam desejáveis na decisão de alocação de água. (Sousa Filho, 2005). Esta ferramenta é utilizada tanto em decisões coletivas como estruturadora da base de informação com vistas a apresentar as trocas potenciais entre os diferentes agentes no processo de decisão e indicadores globais de *desempenho* do sistema. Esta ferramenta é utilizada nas conferências de consenso para dirimir os conflitos cognitivos. Outra utilização potencial dos SSD é na tomada de decisão administrativa, onde é utilizada pelo gestor de água para definir a outorga para o uso da água.

A alocação da água, num processo de outorga, poderia, por exemplo, ser baseada exclusivamente em termos de critérios financeiros ou de eficiência. No entanto, a utilização de um ou outro critério poderia beneficiar uns poucos usuários em detrimento de outros gerando, assim, situações de potenciais conflitos. Uma maneira de tentar minimizar os conflitos é a alocação negociada das águas procurando compatibilizar as ofertas hídricas e os múltiplos usos, atuais e futuros. Uma outra forma de minimizar os conflitos seria a de fazer uso de um sistema que pudesse fornecer o apoio a decisão com base em aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais, visando considerar no processo decisório, as principais questões pertinentes aos usuários e órgãos gestores. A finalidade da ação seria promover uma alocação que considere aspectos de equidade, eficiência e sustentabilidade. Assim, pretende-se, neste trabalho, fazer uso de um Sistema Multicritério de Apoio à Decisão, através de um modelo que fornecerá um ordenamento de prioridades de atendimento aos usuários, baseado em aspectos multicriteriais, onde são levadas em

consideração as importâncias atribuídas aos critérios pelos decisores, no sentido de auxiliar o gerenciamento dos recursos hídricos no processo de alocação de água.

No contexto da nova política de gerenciamento dos recursos hídricos, observa-se que nos últimos anos está acontecendo uma mudança gradativa no âmbito dos recursos hídricos, onde o Estado assume cada vez menos o papel de gerenciador de seus conflitos, na busca da descentralização do poder. Neste sentido, com o aumento gradativo da demanda e diminuição relativa da oferta dos recursos hídricos, o processo de alocação negociada torna-se fundamental para minimizar os conflitos. No entanto, nem sempre é possível chegar a um consenso, uma vez que cada decisor tem diferentes formas de avaliação dos critérios, ou até mesmo incertezas quanto sua importância, que devem ser considerados relevantes.

Outro ponto que deve ser ressaltado é a questão da análise sistêmica do problema, que se baseia em seleção, organização e apresentação dos critérios e que devem ser realizadas de forma estruturada (ou hierárquica) a fim de ajudar a melhor entender os processos e avaliar melhor suas importâncias relativas dentro do problema. Vale salientar que aspectos técnicos, sociais, econômicos e ambientais podem ser subdivididos em vários sub-critérios, que por sua vez podem ainda ser subdivididos, tendo estas importâncias relativas dentro de um mesmo grupo. Caso a estruturação do problema não seja realizada, pode-se incorrer no erro de se privilegiar o critério que tenha mais sub-critérios, quando conscientemente os decisores não queriam que isso acontecesse.

Nesse contexto, o estudo proposto, por se tratar de analisar um problema com diversos critérios e sub-critérios, no contexto de um processo participativo, onde cada decisor tem sua avaliação e estas são de acordo com sua ordem de preferências e para diferentes critérios, apresenta duas soluções:

- Resolver o problema (com características estruturais) através de análises hierárquicas, que provê uma forma estruturada e sistêmica para análise multicriterial decompondo o problema decisório em elementos (critérios e sub-critérios), processos (funções utilidade), forças (preferências a níveis hierárquicos) e seus impactos nas alternativas e,

- Promover uma análise multidecisor, onde deverá ser levada em consideração a importância relativa dos critérios para cada decisor, com intuito de minimizar conflitos, a fim de se obter uma priorização de atendimento (alocação de água) aos usuários.

Alicerçado nas bases teóricas, o estudo ora apresentado baliza-se no desenvolvimento, aplicação e análises de formas de resolver um problema hierárquico e multidecisor através de um modelo multicriterial, que não leva em consideração a hierarquia e os vários julgamentos dos decisores, para alocação de água no trecho 2 do Sistema Curema-Açu, que está inserido na bacia hidrográfica do Rio Piranhas -Açu.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 – Os objetivos principais deste trabalho são:**

Transformação de um problema de outorga em um problema estrutural que aborde, como principais critérios, aspectos sócio-econômicos, ambientais e técnico-operacionais, com uso de um método de análise multicriterial, que leva em conta as incertezas na avaliação da importância dos critérios para um único decisor, promovendo transformações de um problema de análise hierárquica em não-hierárquica, com avaliações que levem em consideração as importâncias relativas dos critérios, atribuídas pelos múltiplos decisores, para o estabelecimento de prioridades de atendimento aos usuários da água.

### **1.2.2 – Objetivos Específicos**

1 - Identificar o perfil dos usuários e suas características técnicas, sociais, econômicas, ambientais, operacionais, culturais e demais fatores pertinentes através do cadastro de usuários e informações da bacia hidrográfica;

2 – Estruturar o problema de outorga da água, através da definição de critérios e subcritérios, avaliando-os para cada usuário segundo os dados obtidos na área de estudo para geração de uma matriz de avaliação;

3 – Identificar a importância relativa dos critérios (e subcritérios) para um conjunto de potenciais decisores;

4- Estabelecer, aplicar e analisar os resultados de três métodos de análises hierárquicas para aplicar um método de análise multicriterial a fim de estabelecer a prioridade de atendimento dos usuários, e sua ordenação, num exemplo hipotético com 4 usuários de água;

5 – Estabelecer, aplicar e analisar três métodos multidecisores, para instituir a prioridade de atendimento a cada usuário de água levando-se em consideração as importâncias relativas de cada critério para todos os decisores, com a aplicação de um método multicriterial que leva em consideração apenas um decisor;

6 – Comparar e analisar os resultados obtidos, através de confrontos entre os resultados dos métodos utilizados.

7 – Aplicar metodologias selecionadas a ordenação de atendimento a todos os pedidos de outorga do trecho 2 do Sistema Curema Açú em estudo.

### **1.3 ESCOPO DO TRABALHO**

O Capítulo II apresenta uma revisão da literatura sobre a alocação de água e seus critérios de avaliação dos mecanismos para alocação; discorre sobre o gerenciamento atual dos recursos hídricos no País, enfatizando a Lei 9.433, a atuação dos órgãos gestores; enfatiza os múltiplos usos com enfoque na Outorga como instrumento de gestão; aborda o Apoio Multicritério à Decisão - ADM, enfocando os Sistemas de Suporte à Decisão a análise multicriterial e hierárquica, bem como a análise multi-decisor.

O Capítulo III traça uma abordagem sobre o contexto hidrológico e de recursos hídricos da bacia do Rio Piranhas-Açú; descreve o sistema Curema-Açú estudado, bem como discorre sobre o Marco Regulatório.

O Capítulo IV apresenta a metodologia proposta para alocação de água através da aplicação multicriterial com os dados de entrada para geração da Matriz de Avaliação,



descreve os critérios e sub-critérios que embasam o modelo utilizado, apresentam os métodos empregados nas análises hierárquicas, bem como na análise multidecisor.

No Capítulo V tem-se a aplicação das metodologias propostas, com realização de uma análise hierárquica e multidecisor através do método VIP Analysis, para obter a definição da prioridade de atendimento aos usuários para alocação de água, bem como as análises dos resultados. A aplicação da metodologia foi para um caso hipotético com 4 (quatro) usuários de água, e em seguida para um caso real com 145 usuários de água para irrigação difusa, inseridos em um trecho de rio, denominado de trecho 2 do sistema Curema-Açu, na bacia hidrográfica do rio Piranhas -Açu. Por fim, tem-se o Capítulo VI com as conclusões e recomendações com vistas a futuros trabalhos, seguidos das referências bibliográficas e os anexos.

## CAPÍTULO II

---

### REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A gestão de recursos hídricos no Brasil pode ser dividida em duas fases. A primeira inicia-se em 1934, ano em que foi promulgado o Código de Águas, e estende-se até 1988, quando da promulgação da nova Constituição Federal. Nesta fase prevaleceu um modelo de gestão de recursos hídricos setorial, centralizado e insuficiente. A segunda fase inicia-se após a promulgação da nova Constituição Federal em 1988, e estende-se até os dias atuais. A nova fase caracteriza-se por um novo paradigma de gestão de recursos hídricos, baseado na gestão descentralizada e participativa, no uso múltiplo, na bacia hidrográfica como unidade de planejamento e no valor econômico da água, tudo isto está garantido na nova Lei das Águas.

##### 2.1.1 A Nova Fase da Gestão de Recursos Hídricos - Lei 9.433 – Lei das Águas

Em 1997, após cinco anos de tramitação no Congresso e discussão intensa com envolvidos e interessados pela gestão das águas, foi sancionada a Lei Federal 9.433, ou “Lei das Águas”. A Lei das Águas regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). A PNRH baseia-se nos fundamentos e princípios descritos a seguir, que em sua maioria também estão previstos nas leis estaduais de águas.

- *a água é um bem de domínio público*

Como instituído pela Constituição Federal de 1988, não existe mais a dominialidade privada prevista no Código de Águas.

- *a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico*

Este fundamento é um indutor do uso racional e serve de base para a instituição da cobrança pelo uso da água bruta.

- *em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais*

Este princípio garante o acesso à água para abastecimento humano em caso de escassez. É a primeira regra formal de alocação de água em casos de estresse hídrico.

- *a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas*

Este fundamento preconiza o acesso à água em condições de igualdade para todos os setores usuários, rompendo o arranjo tradicional no Brasil em que o setor elétrico teve prioridade de acesso aos recursos hídricos (Garrido, 2002).

- *a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*
- *a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades*

A filosofia por trás da gestão descentralizada é de que tudo que pode ser decidido em níveis hierárquicos mais baixos do governo, não será resolvido por níveis mais altos dessa hierarquia. A participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades no processo decisório garante maior legitimidade a todo o sistema.

#### **2.1.1.2 - Sistemas de Gerenciamento dos Recursos Hídricos**

A Lei 9.433 criou um novo sistema para o gerenciamento dos recursos hídricos, composto pelas seguintes estruturas:

##### **2.1.1.2.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**

O Conselho Nacional é o órgão mais elevado na hierarquia do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Cabe a ele, entre outras coisas, decidir sobre as grandes questões do setor, arbitrar em última instância administrativa os conflitos existentes entre Conselhos

Estaduais, aprovar propostas de instituição de Comitês de Bacia, estabelecer critérios gerais para a outorga e cobrança e deliberar sobre os assuntos de cobrança encaminhados pelos comitês. O CNRH é composto por 15 representantes do Poder Executivo Federal, 5 dos Conselhos Estaduais, 6 dos usuários e 3 das organizações civis. O número de representantes do Poder Executivo Federal não pode exceder à metade mais um do total dos membros do Conselho.

Os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal possuem atribuições semelhantes ao Conselho Nacional em nível estadual. A definição de suas atribuições é feita através das Leis Estaduais de Recursos Hídricos.

#### **2.1.1.2.2 Comitês de Bacias Hidrográficas**

Os comitês de bacias hidrográficas constituem -se no fórum de decisão dos assuntos relacionados à água, sendo, desta forma, uma espécie de “parlamento das águas”. Possuem poder deliberativo e devem, entre outras atribuições, aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, arbitrar em primeira instância conflitos pelo uso da água, estabelecer mecanismos de cobrança e sugerir valores a serem cobrados.

Apesar das experiências anteriores de colegiados de bacia, os comitês propostos pela Lei das Águas, propõem uma estrutura totalmente nova na realidade institucional brasileira ao permitir a participação de outros atores da sociedade, como usuários e entidades civis, no processo de tomada de decisão.

Os comitês são compostos por representantes da União, dos Estados, dos Municípios, dos usuários e de entidades civis cuja área de atuação se situe dentro da bacia. A composição dos comitês sob jurisdição federal foi definida pela Resolução n.º 5 do CNRH da seguinte maneira: membros dos Poderes Executivos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios – máximo de 40%; usuários de água – máximo de 40% e sociedade civil – mínimo de 20%. Os comitês estaduais seguem as regras específicas das legislações estaduais. Um exemplo de comitê em atuação é o Comitê Executivo da Bacia do Rio Paraíba do Sul - CEIVAP, que possui 60 membros, sendo 21 do Poder Público, 24 dos setores usuários e 15 da sociedade civil.

Destaca-se que o comitê da bacia hidrográfica do rio Piranhas -Açu está em processo de formação, o qual já possui uma diretoria provisória formada pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte - SEMARH e pela Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado da Paraíba – SECTMA, sendo representada pela Agência Executiva de Gestão das Águas - AESA. Vale ressaltar também que existe um Grupo de Articulação formado por diversas instituições dos dois estados, onde este grupo está elaborando Decretos e Regimentos do comitê, bem como efetuando reuniões de articulação.

### **2.1.1.2.3 Agências de Água**

As agências de água funcionam como braço executivo e técnico dos Comitês de Bacia, cabendo a elas executar as decisões dos comitês. São Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos. Destacam-se entre suas atribuições, efetuar a cobrança pelo uso da água, mediante delegação do poder outorgante e gerenciar ou acompanhar a aplicação dos recursos arrecadados.

Estes órgãos continuam a ter grande importância na nova estrutura de gestão dos recursos hídricos. Deverão atualizar-se com o novo modelo de gestão de recursos hídricos e articular-se com os novos arranjos institucionais que foram criados. Define-se arranjo institucional como o conjunto de regras e regulamentos que, em conjunto com os atores, compõem o quadro institucional. Os arranjos institucionais podem ser formais, como as leis e a constituição ou informais, como os costumes e os códigos de conduta (Kemper, 1997). Cabe destacar a criação de novas instituições tais como a Agência Nacional de Águas - ANA, em nível federal, e em nível estadual tem-se como destaque a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos - COGERH no estado do Ceará, a AESA no estado da Paraíba e o Instituto de Gestão das Águas - IGARN no estado do Rio Grande do Norte.

### **2.1.1.3 Os Instrumentos de Gestão da Nova Lei das Águas**

Para atingir os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a Lei 9.433 instituiu cinco instrumentos de gestão (Figura 2.1), que estabelece a sua inter-relação.



**Figura 2.1 - Inter-relação entre os instrumentos da PNRH.**

A seguir apresenta-se com maiores detalhes os dois instrumentos utilizados como base neste estudo, que foram o Sistema de Informações, através do CNARH e a Outorga.

#### **2.1.1.3.1 Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos - SIRH**

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Seus objetivos são os seguintes:

- *Reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil;*
- *Atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;*
- *Fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.*

O Sistema de Informações de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes princípios:

- *Descentralização da obtenção e produção de dados e informações;*
- *Coordenação unificada do sistema;*
- *Acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade.*

O SIRH já está disponível pela ANA, com o espírito de garantir à sociedade acesso mais fácil e rápido aos dados. É importante lembrar que ainda existem algumas resistências por parte de alguns órgãos ambientais estaduais para liberação de dados relativos à qualidade de água para alimentar o referido sistema.

### 2.1.1.3.2 Outorga

De acordo com Schwartzman *et al*, (2003), o termo outorga significa aprovação, licença ou concessão. Trata-se, de fato, de uma concessão para o uso dos recursos hídricos. Porém, não deve ser confundida com concessão de serviço público, como é o caso do abastecimento de água ou fornecimento de energia elétrica, que possuem suas próprias regras. A outorga dá ao usuário apenas o direito de uso da água, sem aliená-la (Kelman, 2000). A outorga deve também constituir-se numa garantia de acesso à água. Como a água é um bem escasso, esta garantia passa a ter valor econômico. Atualmente, a outorga é indispensável para obtenção de licenciamento ambiental, financiamento junto a instituições privadas e públicas e certificação de qualidade para empreendimentos industriais.

Segundo a Lei 9.433, estão sujeitos à outorga os seguintes usos:

- *Captação;*
- *Lançamento de efluentes;*
- *Extração de água de aquífero subterrâneo;*
- *Aproveitamento de potenciais hidrelétricos;*
- *Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água*

*existente em um corpo hídrico.*

Independente de outorga pelo poder público o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural e os usos considerados insignificantes. A definição dos usos insignificantes não foi inserida na Lei 9.433 ficando a cargo de cada comitê de bacia. Com isso, cria-se uma flexibilização da lei para levar em conta diferenças regionais entre bacias.

A Lei não faz distinção entre os usos de captação e consumo, mesmo sabendo-se que, do volume total captado por um usuário, parte poderá ser efetivamente consumida e parte poderá retornar ao corpo hídrico.

A Lei 9.433 prevê ainda a outorga para lançamento de efluentes, uma abordagem pioneira e inovadora no contexto mundial, que visa integrar gestão de quantidade e gestão de qualidade de recursos hídricos. Essa integração é prevista na própria Lei 9.433, no §1 do

art. 3, que estabelece, como diretriz da Política Nacional de Recursos Hídricos, a gestão sistemática, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade. Cabe destacar a utilização de outorgas para garantir a viabilidade de implementação dos planos dos governos. Dessa forma, um estado, que planeje instalar um pólo industrial, por exemplo, pode garantir hoje a disponibilidade hídrica necessária no futuro. A quantidade de água outorgada para o governo no futuro poderia ser utilizada hoje por outros usuários, desde que concordassem em utilizar aquela quantidade de água apenas por um período de tempo limitado.

## **2.2 ALOCAÇÃO DE ÁGUA ATRAVÉS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

A alocação de água é a ação para divisão de um bem entre indivíduos com interesses freqüentemente conflitantes. Quando a alocação é realizada no âmbito do instrumento do planejamento de recursos hídricos deve-se utilizar de técnicas de Sistema de Apoio a Decisão, uma das quais é a análise multicriterial. Esta, se bem realizada, pode incluir vários aspectos que promovam uma distribuição mais justa, ou seja, que leve em consideração vários critérios que fortaleçam a equidade, a eficiência e a sustentabilidade, enquanto minimiza conflitos. Devido ao fato de poder incorporar objetivos múltiplos, diferentes pontos de vista e, até, incertezas. Isso pode acontecer, uma vez que a decisão de alocação seja feita com base em vários critérios, seja técnico, econômico, social, ambiental, etc, (Kolm 2000).

Com base no exposto, pode-se observar que o processo de alocação de água está relacionado à gestão de conflitos associado à escassez relativa do recurso água. Entretanto, quando o suprimento de água é insuficiente, como se deve utilizar o suprimento disponível? A primeira possibilidade de resposta é deixar o bem livre para o acesso de todos os agentes da forma que desejarem, contudo, quando os estoques de recursos naturais, são deixados para um regime de livre acesso, tem-se como resultado a degradação e a destruição destes recursos, (Ostron *et al.* 1999).

Portanto, uma questão fundamental, de escolher qual deve ser a partição entre diferentes indivíduos (agentes) da água disponível. Sendo, pois, campo de aplicação das ciências econômicas, pois a economia estuda a questão de escolha do ponto de vista científico, Stiglitz *et al.*(2003).



### 2.2.1 Mecanismos de Alocação de Água

As diretrizes para a alocação de água compreendem aspectos inerentes à disponibilidade hídrica na bacia, às vazões mínimas referentes às necessidades ambientais, às demandas consuntivas atuais e previstas e à forma de distribuição das vazões alocadas em cada região.

De acordo com o documento do Plano Descenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco - PBHSF, 2004, a disponibilidade hídrica, sendo uma variável aleatória comumente caracterizada em termos probabilísticos, deve ser estimada por vazões com alta permanência no tempo, para que sejam também altas as garantias de fornecimento de água. Nos trechos de rios onde existe regularização de vazões, as vazões regularizadas devem ser somadas às vazões incrementais, com alta permanência no tempo.

O PBHSF (2004), afirma ainda, que em um rio devem ser determinadas vazões mínimas necessárias para o atendimento a usos não consuntivos, como a manutenção de ecossistemas, a navegação e a geração de energia. Uma vez que essas vazões restringem a alocação de água para usos consuntivos, são aqui denominadas vazões de restrição. Após a alocação de água para usos consuntivos, as vazões remanescentes nos rios devem ser superiores às vazões de restrição. Na determinação dessas vazões devem ser considerados os seguintes aspectos:

- 1) Adequação dos métodos de determinação às características do estudo, particularmente no que se refere à quantidade de dados e ao tempo necessário para aplicação;
- 2) Possibilidade de atendimento às demandas não consuntivas por meio da definição de regras adequadas de operação dos reservatórios existentes e gerenciamento adequado das demandas consuntivas.

A distribuição das vazões alocadas deve ser efetuada de modo a manter uma uniformidade nos atendimentos aos consumos de água em cada sub-bacia e trechos de rios. Portanto, a relação entre a vazão alocada e o consumo deve se manter constante em toda a bacia.

Dinar *et al.* (2002) apresentam uma lista de critérios necessários à alocação de um determinado recurso escasso, neste caso a água, de modo a se atingir uma alocação ótima, quais sejam:

- i) Flexibilidade na alocação dos recursos;
- ii) Segurança aos usuários já preestabelecidos;
- iii) Custos de oportunidade real para aquisição dos recursos pagos pelo usuário;
- iv) Previsibilidade dos resultados do processo de alocação;
- v) Equidade do processo de alocação;
- vi) Aceitação política e pública do processo de alocação.

No mesmo pensamento, Dinnar *et al.* sugerem, ainda, como mecanismos de alocação de água, a precificação baseada no custo marginal, a alocação por instituição pública, o mercado de água e a alocação baseada nos usuários. Na grande maioria dos países, como ressaltam Ford *et al.* (2001), o direito ao uso da água é relacionado a uma dada área de terra. A água é alocada em base volumétrica (ou de vazão) de acordo com um requisito de uma gleba de terra.

O modelo baseado no custo de oportunidade, proposto por Kelman (2000), foi aplicado no rio São Francisco por Moreira (2001). A aplicação mostrou que é possível realizar uma alocação de água em situação de escassez que considere, simultaneamente, a eficácia econômica e a equidade social, utilizando como base o período mais crítico no histórico da bacia estudada. Chegou-se a conclusão que os usuários foram beneficiados com 99,01% em relação ao seu potencial caso tivessem sido plenamente atendidos.

Em alguns países, o direito de uso da água se dá com base na antiguidade do uso, ou seja, quem primeiro teve acesso à água é o primeiro a ter direito de uso. Algum tipo de racionamento pode ser, às vezes, necessário. A alocação de água, normalmente, só é usada onde os recursos hídricos estão sobre-alocados. No Brasil, foi experimentado com grande êxito por Freitas (2003), um processo de Alocação Negociada de Água na sub-bacia do rio Verde Grande, tendo como base o processo de negociação compartilhada com os usuários do montante de água disponível, estocada nos reservatórios, ao final do período de chuvas, seguida de uma fase de regularização dos usos da água, consubstanciada na emissão das outorgas de direito de uso da água.

Devido à falência do livre acesso como mecanismo de alocação de recursos, surge a necessidade da intervenção do Estado como instância regulatória do uso que define a cota de cada usuário. A regulação neste caso consiste na autoridade legal de impor sanções aos agentes econômicos que não agem de acordo com um sistema de distribuição de licenças. A regulação pode ser realizada também por instrumentos econômicos. Ribeiro *et al.* (2001) discordam desta afirmativa e definem os instrumentos de gestão ambiental em dois grandes grupos: i) os regulatórios – os que estão associados a coerção do Estado sobre os poluidores; ii) os econômicos. Os instrumentos de regulação econômica na gestão de recursos ambientais podem ser de quatro tipos, segundo Soares Jr. *et al.* (2002): i) impostos e taxas; ii) subsídios; iii) depósitos reembolsáveis e iv) licenças negociáveis.

Dinar *et al.* (1997) citam alguns mecanismos de alocação da água, pois mostram uma avaliação de suas vantagens e desvantagens partindo-se dos quatro tipos definidos: i) preço baseado no custo marginal; ii) alocação pública (administrativa); iii) mercado de água; e iv) alocação baseada nos usuários. Existem outras categorizações dos mecanismos de gestão na literatura, como por exemplo os citados por Sales (1999), que enuncia três tipos racionais de modelos de alocação de água: centralismo administrativo, mercado de água e alocação via negociação. A alocação de água intersetorial é essencialmente um exercício sociopolítico. Os seus tipos ideais representam modelos sociopolíticos de gestão de recursos públicos.

A melhoria da alocação de água não é apenas a revisão de regras e a garantia de sua implementação, mas a reconstrução da governança das instituições que fazem regras, criando novos fóruns para a definição de regras e resolver disputas. O direito de uso da água tem-se tornado um assunto relevante para diversos países devido ao aumento da competitividade para o uso da água e outras mudanças que trazem demandas de reformas institucionais para a governança da água, revisando regras de direito da água e melhorando a sua implantação.

Bruns (2003) apresenta algumas recomendações para que a reforma dos direitos de uso da água seja um meio de melhorar a alocação da água: i) reforma com caminhos paralelos: a construção do consenso nas discussões públicas em concomitância com a elaboração de rascunhos das leis e regulamentos; ii) participação pública no processo de reforma; iii) direitos consuetudinários: as idéias e práticas locais devem ser reconhecidas e incorporadas na reforma, principalmente as que “permitem” as comunidades locais, este

que pode se dar pelo poder genuíno de tomar decisões dos comitês de bacias; iv) reforma pró-pobres e minorias com vistas a melhorar a equidade; v) pesquisas de campo incorporando modelos de simulação, projetos-pilotos com vistas a avaliar cenários de alocação; vi) conhecer a experiência internacional.

No Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - PBHSF (2004), afirma-se que a alocação das águas de uma bacia é um componente do plano de recursos hídricos que objetiva a garantia de fornecimento de água aos atuais e futuros usuários de recursos hídricos, respeitando-se as necessidades ambientais em termos de vazões mínimas a serem mantidas nos rios. Como resultado, deve fornecer diretrizes gerais para a outorga e para a definição de regras operativas dos reservatórios e induzir o uso racional dos recursos hídricos, por meio da indicação de vazões máximas de consumo em cada região.

O Estado do Ceará vem adotando uma metodologia de alocação (Gonçalves *et al.*, 2003), já há uma década, e tem como fatos positivos, conforme destacado por Souza Filho e Porto (2003):

- i) a forte participação pública no processo;
- ii) o estabelecimento de um consenso na sociedade sobre a alocação realizada;
- iii) o estabelecimento de mecanismo de avaliação, acompanhamento e controle por parte dos usuários e sociedade civil da implementação do acordo ou pacto realizado;
- iv) suporte técnico das informações de monitoramento na decisão inicial e na avaliação e controle;
- v) a operação do sistema hidráulico pode ser parte decisiva em todo o processo.

A alocação negociada de água nos vales do Jaguaribe e Banabuiú acontece anualmente logo após a quadra chuvosa da região, com apresentação de seminários informando a situação hídrica dos reservatórios com simulação de esvaziamento dos reservatórios dos açudes, onde é feita uma avaliação nas demandas e definidas as vazões a serem liberadas através de uma comissão de usuários (COGERH, 2006).

Moreira (2001) aplicou na bacia do São Francisco a alocação dos recursos hídricos, uma metodologia onde o custo de oportunidade foi baseado em princípios econômicos que

visam maximizar o benefício gerado na bacia como um todo, considerando simultaneamente a eficácia econômica e a equidade social.

### 2.2.2 Critérios de Avaliação dos Mecanismos de Alocação

A avaliação de adequabilidade aos objetivos do gerenciamento e o *desempenho* de um mecanismo de alocação de água dependem da definição dos critérios selecionados. Os objetivos do sistema de gerenciamento de recursos devem ser traduzidos em critérios de avaliação. Assim, Equidade Social, Eficiência Econômica e Sustentabilidade Ambiental são as principais matrizes de critério de avaliação dos mecanismos de alocação de água, podendo, obviamente, estas matrizes de critério conflitarem entre si. A água no conceito do desenvolvimento sustentável adquire outros valores além do econômico. Os valores da água na literatura específica de recursos hídricos e as questões associadas à eficiência econômica e equidade ganham maior relevo, como em Dinar *et al.* (1997).

Os critérios específicos de alocação de água formulados por Howe *et al.* (1986) são:

- i) Flexibilidade na alocação dos suprimentos. Os recursos podem modificar -se de um uso para outro, de um lugar para outro, quando as demandas se modificam.
- ii) Segurança no direito de uso para os usuários estabelecidos.
- iii) O custo de oportunidade real do fornecimento ser pago pelo usuário.
- iv) Previsibilidade dos resultados do processo de alocação com minimização das incertezas.
- v) Equidade no processo de alocação com vistas a possibilitar oportunidade de ganho para todos os usuários potenciais.
- vi) Aceitação política e pública. Os valores e objetivos do processo de alocação serem aceitos por vários setores da sociedade (Winpenny, 1994).

Dinar *et al.* (1997) acrescentam a estes critérios dois outros.

- vii) Eficácia. O processo de alocação modifica situações indesejadas, tais como: poluição da água, depleção de aquíferos.
- viii) Sustentabilidade e viabilidade administrativa, capacidade de implantação do mecanismo de alocação.

A avaliação dos mecanismos de alocação de água deve incluir a análise de sustentabilidade em recursos hídricos. A referida análise tem como critérios para Cai *et al.* (2002):

- i) **risco** (*confiabilidade*-frequência de falha do sistema, *reversibilidade*-tempo requerido pelo sistema para se recuperar de uma falha e *vulnerabilidade*-severidade da falha no sistema);
- ii) **critérios ambientais** (por ex: não ocorrer redução nos estoques naturais);
- iii) **critérios de equidade** (equidade inter e intragerações, isto é, *equidade temporal*- não haja redução nos benefícios no decorrer dos anos e *equidade espacial*-que pessoas em diferentes localidades tenham um acesso equitativo ao suprimento de água);
- iv) **critérios econômicos** (os benefícios incrementais sejam maiores que os custos incrementais; uma discussão neste critério diz respeito a taxa de retorno: para alguns autores esta deve ser zero; esta discussão diz respeito ao *trade-off* entre a geração presente e as futuras. Turner *et al.* (1992) discutem a taxa de desconto sobre esta óptica.

### 2.2.3 Importância da outorga como instrumento no processo de alocação de água

Na administração pública da água, o Poder Público é o responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos, definindo os volumes a serem utilizados, assim como sua distribuição entre os usuários do sistema. Um determinado usuário só assegura o direito de utilizar a água através de autorizações específicas, chamadas de outorgas, que são distribuídas pelo órgão competente do Poder Público. O usuário outorgado fica protegido contra a ação dos demais usuários que não possuem a outorga, cabendo ao Poder Público coibir a ação destes últimos quando o direito de uso dos outorgados for afetado (Kelman, 2000).

Estudos recentes revelam que atualmente a concessão de outorga em grande parte dos estados brasileiros é vinculada a uma análise meramente quantitativa dos recursos hídricos disponíveis. No entanto, como os problemas de disponibilidade desses recursos são cada vez maiores muitas bacias hidrográficas já se encontram com pedidos de outorga limitados. Em um futuro próximo, as solicitações serão maiores que a disponibilidade e a maioria das outorgas precisará ser revista (Barbosa, 2008)

Nota-se, portanto, que as análises de pedidos de outorgas deverão ser feitas com base em critérios mais restritivos levando em consideração aspectos importantes, tão enfatizado por outros autores e que podem ser generalizados como aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais, não apenas os quantitativos.

Uma análise bastante completa neste sentido é a análise multicritério que apresenta um conjunto de métodos para permitir o tratamento simultâneo de aspectos técnicos, econômicos, sociais, políticos, ambientais e outros em um processo de tomada de decisão. Este fato é de fundamental importância visto que, nos dias atuais, raramente uma decisão é tomada em função de um único objetivo.

Ribeiro et. al (2003) afirmam que a função da outorga será ratear os recursos hídricos disponíveis entre as demandas existentes, ou potenciais, de forma que os melhores resultados sejam gerados para a sociedade. Além disso, vale enfatizar que a outorga de uso de recursos hídricos, normalmente, é o primeiro instrumento a ser aplicado ao longo da implantação de sistemas de gestão. Apenas usuários sujeitos à outorga deverão ser objeto de cobrança.

Para Garrido e Fernandez (2002), a outorga de direito de uso da água objetiva disciplinar e racionalizar o uso deste recurso, compatibilizando -o com a disponibilidade hídrica da bacia, onde coloca os objetivos da outorga de forma mais abrangente, inclusive no sentido de prioridade de uso: “Esse instrumento tem como objetivo racionalizar e compatibilizar a conservação ambiental e os diferentes usos da água, de tal forma que sejam preservados os direitos dos usuários, priorizando entre estes o abastecimento público”.

Os critérios de outorga, de acordo com Ribeiro et al. (2001), podem ser divididos em duas famílias: i) critério da vazão de referência onde se estabelece um valor de vazão sazonal ou anual e outorga-se até este valor. (Q7,10 e Q90 são exemplos de vazões de referência utilizados na legislação brasileira); ii) critério da quantidade de falhas predeterminada, neste caso define-se uma prioridade de uso e em períodos de racionamento não disporão de água os usos ou usuários com prioridades mais baixas. O primeiro método controla o nível de falhas totais do sistema, mantendo -o em níveis

aceitáveis. O segundo garante falhas menores para usos mais nobres. Pode-se pensar também em um critério que incorpore os dois anteriores.

#### **2.2.4 Sistema de Suporte a Decisão de Alocação de Água**

Os sistemas de suporte à decisão (SSD) são ferramentas desejáveis na decisão de alocação de água. Esta ferramenta é utilizada em decisões coletivas como estruturadora da base de informação com vistas a apresentar as trocas potenciais entre os diferentes agentes no processo de decisão e indicadores globais de *desempenho* do sistema. Outra utilização potencial dos SSD é na tomada de decisão administrativa, onde esta ferramenta é utilizada pelo gestor de água para definir a outorga para o uso da água (Sousa Filho, 2005).

Além disso, os SSD reposicionam a aplicação das técnicas de análise de sistema na alocação de recursos hídricos, ao assumir que os problemas de alocação são não-estruturados e o papel da análise de sistema não é a escolha da solução ótima e sim da identificação das alternativas de solução viável para o problema e, conseqüentemente na organização dos resultados destas.

Um sistema de suporte às decisões pode ter objetivo genérico ou específico. O sistema genérico organiza uma arquitetura com ponto de partida para a solução de diversos problemas, mas possui sempre uma trajetória similar para as soluções pretendidas. O sistema específico baseia-se nos dados disponíveis, no problema concreto que deve ser solucionado e nos instrumentos que podem ser utilizados. De modo geral, qualquer SSD, para ser eficaz, necessita de informações confiáveis e relevantes sobre a situação analisada. A qualidade das informações incorporadas nesse tipo de sistema influencia principalmente a sua utilidade e os seus resultados (Ramos, 2005). A utilização da análise de sistema como suporte ao processo de tomada de decisão de alocação de água negociada pode ser observado em Freitas (2003).

Entendido como sistemas baseados em computador, o SSD auxilia o processo decisório, utilizando modelos para resolver problemas não estruturados. O sistema analisa alternativas, propõe soluções, pesquisa o histórico das decisões tomadas, simula situações etc., participando diretamente do processo decisório (Sprague, 1991; Lachtermacher, 2002).



Em geral, na visão de Braga et al. (1991), um sistema de suporte à decisão é constituído de três componentes: diálogo, dados e modelos. O diálogo é a interface entre o usuário e o sistema; os dados servem de suporte ao sistema, e os modelos proporcionam os recursos para análises. Ressalta-se que, nos dias atuais, raramente, uma decisão é tomada em função de um único objetivo, sobretudo expresso exclusivamente de forma quantitativa. Vêem-se, através de uma análise multicriterial, que os processos decisórios envolvem vários critérios e múltiplas decisões que, em geral, estabelecem conflitos de interesse entre os atores do sistema com visões distintas acerca das diretrizes (metas somadas ao plano de ação) a serem adotadas.

Neste sentido, o uso de métodos multicriteriais apresenta-se como uma ferramenta muito interessante para dar suporte à tomada de decisões. Sannemann (2001) apud Ramos (2005) considera os métodos multicriteriais como metodologias de auxílio ao decisor na construção ou estruturação do entendimento do seu problema.

### **2.2.5 Apoio Multicritério a Decisão - AMD**

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões, quando da presença de uma multiplicidade de critérios (Gomes et al., 2002).

Os Problemas de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) se diferenciam dos demais Problemas de otimização pelo sentido que o conceito de solução do problema assume. Em problemas com apenas um objetivo procura-se encontrar a solução ótima, ou seja, a solução viável que otimize a função objetivo, cujo valor é único mesmo que existam múltiplas soluções ótimas. Contudo, em problemas com múltiplos objetivos esse conceito não é aplicável, pois uma solução que seja ótima para um dos objetivos não é, em geral, ótima para os demais objetivos. A noção de solução ótima é substituída pela noção de solução não dominada (Dias et al, 2000), também denominada ótima de Pareto.

A complexidade dos problemas reais que surgem na sociedade moderna é caracterizada, principalmente, pela divergência de pontos de vista, refletindo aspectos técnicos, econômicos, sociais, políticos, físicos, ambientais, administrativos, psicológicos,

éticos, etc. Geralmente, não existe uma solução admissível que garanta o melhor em todos os aspectos de avaliação, então os modelos multicriteriais se revelam adequados para representar esta realidade. Estes métodos buscam a otimização do conjunto das funções - objetivo, através de critérios e julgamento das alternativas de solução do problema (Zuffo, 2002).

Diante disto, verificou-se que a análise de decisão com múltiplos critérios é um processo interativo, e pode ser apresentado como a seqüência das seguintes etapas (Gomes et al., 2006a):

- 1) Identificação dos decisores e seus objetivos;
- 2) Definição das alternativas;
- 3) Definição dos critérios relevantes para o problema de decisão;
- 4) Avaliação das alternativas em relação aos critérios;
- 5) Determinação da importância relativa dos critérios;
- 6) Avaliação global de cada alternativa;
- 7) Análise de sensibilidade;
- 8) Recomendação de cursos de ação;
- 9) Implementação.

Uma outra etapa importante é a escolha do método a ser usado, que deve depender mais da sua adequação à estrutura de preferências dos decisores, do que da preferência do analista por determinados modelos e métodos.

Gomes continua enfocando que, em relação à etapa 3, cabe ressaltar que em um problema de decisão complexo, os critérios podem ser estruturados na forma de hierarquia ou árvore, na qual o nível do critério mais elevado é decomposto em níveis mais detalhados..

Diante da existência de múltiplos objetivos, a noção de solução ótima cede lugar à noção de solução não-dominada, caracterizada por não existir outra solução que melhore, simultaneamente, todos os objetivos, isto é, a melhoria de um objetivo é alcançada à custa da degradação do valor de pelo menos um dos outros (Gomes et al., 2006a).

Duas correntes de pensamento direcionam o desenvolvimento das metodologias multicritério, a escola americana, desenvolvendo metodologias denominadas Multicritério de Tomada de Decisão (MCDM – Multiple Criteria Decision-Making) e a escola européia, com as metodologias denominadas Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA - Multiple Criteria Decision-Aid). A escola européia orienta-se a partir de uma visão construtivista do conhecimento, considerando conceitos, procedimentos, modelos e resultados, para auxiliar os decisores a organizar o contexto decisório sobre determinado problema, não com o objetivo de prescrever uma solução, mas, sim, apoiar a tomada de decisão. A escola americana, por sua vez, busca prescrever uma solução para o problema, adotando uma abordagem de tomada de decisão (Ramos, 2005).

A seguir serão dispostos alguns conceitos importantes utilizados na análise multicriterial (Bartolomeu e Ferreira, 2000):

**Tomada de Decisão:** “É o processo de escolha ou seleção de alternativas ou caminhos de ação ‘suficientemente bons’ entre os grupos de alternativas, para atingir um objetivo ou alguns objetivos”.

**Alternativas:** “É um conjunto de produtos, ações, itens de escolha ou estratégias”.

**Atributos ou critérios:** “Cada alternativa é definida pelo conjunto de características, geralmente representadas por características físicas tais como peso, cor, etc”.

**Objetivos:** “É a meta que se deseja atingir ao escolher uma alternativa após avaliar os seus atributos”. Ex: comprar um carro (objetivo). Consideram-se atributos preço, velocidade máxima, conforto, etc., das alternativas Corsa -GM, Passat-VW, etc.

**Preferências ou Pesos:** “É a importância relativa de cada atributo entre os demais atributos ou a relativa importância de cada atributo com relação à situação”.

### 2.2.5.1 Principais metodologias para AMD

Diferentes métodos de AMD podem ser recomendados de acordo com as condições encontradas no ambiente da tomada de decisão (análise do contexto, atores e estrutura de preferências associadas ao problema). Compete ao analista, após a etapa de estruturação do problema, a escolha de uma dessas metodologias.

Os métodos de AMD podem ser classificados segundo diferentes perspectivas. Muitos autores os classificam segundo a teoria principal em que se fundamenta. Nessa linha, destacam-se duas grandes escolas de pensamento: a Escola Americana; que se baseia em técnicas de agregação multicritério com critério único de síntese; e a Escola Francesa; que defende a agregação sem critério único de síntese, e é baseada no conceito de relação de superação (ou sobre classificação). Existem ainda os métodos interativos, alternativos e híbridos. Os métodos híbridos são tradicionalmente associados aos métodos que utilizam tanto os conceitos da Escola Americana quanto os da Escola Francesa. Para uma visão mais detalhada sobre o assunto pode-se consultar Gomes et al, (2006b).

Genericamente, os métodos da Escola Americana apresentam os seguintes pontos em comum: todas as alternativas são comparáveis; presunção de transitividade na relação de preferência e de indiferença e a construção de uma função síntese, que tem por objetivo agrupar os múltiplos critérios em um único critério. Por outro lado, os métodos da chamada Escola Francesa caracterizam-se por serem baseados em relações de prevalência. Essa escola é mais flexível, pois não admite como premissa a comparabilidade total das alternativas e não exige uma estruturação hierárquica dos critérios. Devemos aqui destacar que a estrutura de preferência do decisor é uma peça-chave na escolha da metodologia a ser empregada.

De acordo com Olson (2001), os estudos comparativos entre as diversas modalidades de AMD demonstram que não existe nenhuma metodologia que se destaca das outras em todos os contextos de decisão envolvendo múltiplos critérios. Um analista de decisão deve possuir conhecimentos suficientes para determinar qual a melhor metodologia a ser aplicada em função das características da decisão que deve ser tomada.

Neste sentido é que estão disponíveis diversos Métodos par aplicação em AMD, dentre os mais utilizados são:

- **Métodos da Família ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité):** Essa metodologia sustenta-se nos conceitos de concordância, discordância e valores-limite (“outranking”), através da utilização do intervalo de escala nas relações-de-troca na comparação de alternativas em pares (Gonçalves et al., 2003) .

- **Método PROMETHEE (Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation):** Os métodos da família PROMETHEE têm como objetivo proporcionar aos “decisores” um melhor entrosamento e entendimento da metodologia de apoio à decisão com a qual estarão envolvidos (Gartner, 2001).

- **Método de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchic Process, AHP):** Caracteriza-se por fazer uma descrição do problema hierarquizando atributos e utilizando uma escala de razão, usando comparações par a par (Holz, 1999). Esse método realiza a seleção, ordenamento e avaliação subjetiva de várias alternativas em relação a um ou mais objetivos.

- **Método Macbeth (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*):** O método MACBETH foi desenvolvido por Carlos Bana e Costa e Jean Claude Vansnick em 1994. Ele constrói uma função critério e determina os parâmetros relacionados com a informação (Flament, 1999). Trata-se de uma abordagem de análise multicritérios de decisão que requer somente julgamentos qualitativos sobre diferenças de valor para ajudar um indivíduo ou um grupo quantificar a atratividade relativa das opções (Costa et al, 2004).

- **MacModel** é um software de apoio à decisão multi-critério. Permite análises de sensibilidade, e tem dois métodos de negociação para apoio a situações de multi -decisor. Ele também visa criar uma estrutura interativa que permite ajudar o decisor a visualizar as estruturas dos critérios, os efeitos das ponderações adotadas e as comparações entre alternativas

- **Preference Robustness Evaluation – PROBE-** Sistema multicritério de apoio à decisão que permite calcular os valores globais de alternativas utilizando o modelo aditivo hierárquico. Distingue-se de outras aplicações por permitir avaliar a robustez dos resultados do modelo aditivo hierárquico quando apenas se consideram restrições lineares nos coeficientes de ponderação relativa dos critérios em cada nível da árvore, nomeadamente, a ordenação ou intervalos de variação desses coeficientes.

- **VIP Analysis** Software de apoio à decisão para analisar situações em que se pretende escolher a mais satisfatória entre um conjunto de alternativas, de acordo com os desempenhos destas em múltiplos critérios de avaliação. Disponibiliza várias ferramentas de análise num só programa, o que permite estudar a situação de decisão através de

diferentes perspectivas e níveis de detalhe. Permite assim aos agentes de decisão que aumentem o seu discernimento sobre os diferentes parâmetros e alternativas, e progridam com confiança no processo de decisão Dias e Climaco, (2000).

#### **2.2.5.2 – Experiências com Aplicação dos Métodos na Análise Multicriterial**

A seguir são citados alguns trabalhos, onde foram utilizados os métodos de análise multicriterial, nas mais diversas aplicações, com ênfase nas que envolvem recursos hídricos.

Em seu trabalho, Braga (1987) avalia através da análise multicriterial, a alteração da política operacional do sistema de reservatórios da CESP (Companhia Energética de São Paulo), cujo objetivo é incorporar à geração de energia hidroelétrica, outros objetivos como o controle de cheias e risco de déficit energético.

A operação do Sistema de Reservatórios do Baixo Tietê com objetivos múltiplos foi analisada através dos critérios de: i) maximização da geração de energia, ii) minimização do risco de falha no atendimento à demanda de energia e iii) maximização do grau de controle de cheias. Estes objetivos foram subdivididos em 3 atributos: i) retorno econômico (MWh), ii) probabilidade de não atingir o estado cheio ao final do período de operação (%) e iii) período de retorno da cheia evitada (anos). O resultado obtido mostrou que à medida que se aumenta o período de retorno da cheia, a ser controlada a jusante do reservatório, o benefício energético esperado do sistema é reduzido. Logo, a resolução do conflito entre objetivos está ligada a seleção apropriada de um período de retorno da cheia a ser evitada a jusante do reservatório.

Foi realizada uma avaliação multicriterial de Alternativas para o Projeto da Barragem do Castanhão, no Rio Jaguaribe, Região Nordeste brasileira (Teixeira e Barbosa 1995), onde observaram que, os múltiplos usos a que se destina o reservatório destacam-se: o abastecimento de água da região metropolitana de Fortaleza, o controle de enchentes do baixo Jaguaribe, a irrigação de cerca de 43.000 ha, a geração de energia elétrica e o desenvolvimento da pesca e do turismo. A partir da análise dos relatórios oficiais e da polêmica gerada sobre o empreendimento, foram adotados dois objetivos fundamentais: i) eficiência econômica ou aumento da reserva nacional líquida e ii) qualidade ambiental.

Associados a estes objetivos, foram adotados os critérios de: maximização dos benefícios líquidos e minimização da capacidade da barragem. O resultado obtido revelou uma adequação da metodologia, na qual as técnicas de modelagem distintas foram usadas de maneira integrada em diferentes etapas do processo decisório.

Zuffo et al. (2002), avaliaram os resultados dos métodos ELECTRE II, PROMETHEE, Programação por Compromisso (CP), Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT) e o método Analítico Hierárquico (AHP), utilizados no planejamento para reabilitação, expansão e conservação do sistema produtor de água potável da Bacia do Baixo Cotia, localizada na Região Metropolitana de São Paulo. Na aplicação dos métodos multicriteriais incorporou características ambientais, sociais, econômicas e técnicas. Foram adotados vinte critérios e nove diferentes alternativas para o estudo do problema. Os métodos PROMETHEE, CP, CGT e AHP apresentaram resultados satisfatórios. Entretanto, devido à insensibilidade do método ELECTRE, a qualquer mudança de cenários de pesos, seus resultados não foram satisfatórios.

O Método ELECTRE I foi utilizado por David e Duckstein (1976) apud Braga e Gobetti (2002) para analisar o Sistema de Recursos Hídricos da bacia do Rio Tisza (Hungria). Este mesmo caso foi estudado por Keeney e Woody (1977), utilizando o Método da Função Utilidade e Duckstein e Opricovic (1980), utilizando o Método Programação por Compromisso para auxiliar a implementação de quatro alternativas de sistemas de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Tisza. Os critérios utilizados para a avaliação foram: custo total, probabilidade de escassez de água, qualidade de água, fator de reuso de energia e proteção de cheias.

Oportuno observar que, Gershon et al. (1982) apud Braga e Gobetti (2002), também utilizaram os métodos ELECTRE I e II, na avaliação de estratégias de desenvolvimento para a bacia do Rio Santa Cruz, Arizona, EUA. Em 1988, Aregai et al. fizeram uma comparação dos métodos ELECTRE I, Programação por Compromisso e Teoria dos Jogos Cooperativos, na análise do sistema de tratamento de esgotos do Arizona.

O método foi utilizado por Harris e Singer (1991), que apresentaram uma metodologia para reduzir a subjetividade na ponderação dos critérios, combinando os métodos ELECTRE e matriz de prioridades, e finalmente, Braga et al. (1991),

estudaram diversas alternativas de configuração de um sistema de aproveitamento hidroelétrico na Bacia do Rio Doce, usando o método da matriz de prioridades.

Já o Método PROMETHEE foi utilizado por Brans e Vincke (1985), onde aplicaram o Plano GAIA para decidir onde deveria ser construída uma nova usina de energia elétrica na Europa, dentre seis países (alternativas) distintos: Itália, Bélgica, Alemanha, Grã Bretanha, Portugal e França. Foram considerados os seguintes critérios de avaliação: 1) minimizar mão-de-obra na operação, 2) maximizar energia produzida, 3) minimizar custo de manutenção, 4) minimizar número de povoados evacuados e 5) maximizar o nível de segurança.

Santos (2004) utilizou o Método PROMETHEE como auxílio à tomada de decisão para construção de obras hidráulicas, visando a ampliação da oferta hídrica na bacia hidrográfica do Rio Gramame. Foram levados em consideração aspectos econômicos, sociais e ambientais. Adotaram-se cinco alternativas e dezoito critérios para a solução do problema. O método mostrou-se adequado para a resolução do problema e forneceu a classificação das alternativas sob o ponto de vista de todos os critérios através de níveis hierárquicos.

#### **2.2.5.2.1 Aplicação do Método Multicritério no Processo de Outorga.**

Os métodos multicritérios e Programação de Compromisso foram aplicados no estudo de Gonçalves et al. (2003), com o objetivo de escolha da vazão a ser liberada em determinados períodos dos diversos reservatórios de água da bacia hidrográfica do Rio Curu (CE). Para a definição das alternativas, foram levados em conta vários fatores quantitativos (área irrigada, retorno financeiro) e subjetivos (aspectos sociais e políticos), sob a visão dos membros do comitê da bacia hidrográfica do Rio Curu.

Ramos (2005) desenvolveu um modelo multicritério utilizando uma abordagem construtivista, para avaliar potenciais candidatos a receber a outorga de uso da água. A metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), incorporou múltiplos aspectos, tanto objetivos como subjetivos, considerados importantes pelos tomadores de decisão. O estudo de caso foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul (RS), considerando-se como tomadores de decisão um sub-grupo do conjunto de membros do



comitê da referida bacia, que possui uma área de 738 km<sup>2</sup> e fornece água para o abastecimento de aproximadamente 800 mil habitantes em cinco municípios. A utilização da metodologia MCDA foi essencial para a negociação e entendimento do processo de outorga dos recursos hídricos pelos tomadores de decisão.

Um modelo de Análise de Decisão que facilita o processo de escolha de alternativas de políticas, programas e projetos relacionados à gestão de recursos hídricos e, mais especificamente, ao uso múltiplo de reservatórios foi apresentado por (Vilas Boas, 2007), onde através do método Analytic Hierarchy Process (AHP), foi desenvolvido um modelo multicritérios de análise de decisão para auxiliar os agentes tomadores de decisão nas questões inerentes ao uso da água. O modelo forneceu como resultado uma lista das alternativas de uso do reservatório, classificada em ordem decrescente de prioridades, de acordo com as preferências dos decisores. Os resultados obtidos mostraram que, com o emprego da análise multicritérios, é possível utilizar os julgamentos subjetivos dos atores envolvidos no processo decisório, com precisão e confiabilidade, conferindo maior aceitabilidade, transparência e robustez à decisão.

A influência do uso de métodos multicriteriais e multiobjetivos, através do PROMETHE no procedimento da concessão de outorga de uso da água e na tomada de decisão para atendimento às demandas hídricas foi analisada por (Barbosa 2008). Como resposta obteve-se que a utilização das metodologias, quando são aplicadas às bacias hidrográficas onde as demandas são estabelecidas previamente pelo comitê de bacia, são viáveis para auxiliar a tomada de decisão na análise de pedidos de outorgas.

#### **2.2.5.2.2 Alguns Estudos de Caso com o VIP Analysis**

O VIP Analysis (Variable Interdependent Parameters) é apresentado como um método de AMD bastante indicado em situações nas quais, o decisor não se sente confortável para prover valores precisos para os pesos, aceitando trabalhar apenas com um conjunto de informações parciais. De acordo com Dias e Clímaco (2005), este método permite auxiliar os tomadores de decisão a encontrar as alternativas preferidas por meio da construção de uma função de valor aditiva.

Seguindo as idéias de Dias e Clímaco, o método VIP Analysis visa apoiar a seleção de uma alternativa, entre uma dada lista, atendendo aos desempenhos das alternativas em múltiplos critérios de avaliação. O método baseia-se no modelo de agregação aditiva (função de valor aditivo), aceitando informação imprecisa acerca da importância de cada critério. Essa importância reflete-se no valor dos parâmetros do modelo indicados por coeficientes de escala (ou constantes de escala), embora de forma indireta e indissociável das funções de valor parcial (unicritério).

A análise multicriterial, neste sentido, é bastante multidisciplinar, Bilich et al. (2005) aplicaram o método VIP Analysis na avaliação e otimização da flexibilidade da inteligência competitiva das organizações, empregado a Inteligência Empresarial – IE.

O método foi aplicado por Almeida Filho et al. (2005), onde utilizaram o software VIP Analysis para seleção direta de uma ferramenta computacional de apoio a decisão, buscando selecionar a mais adequada aos propósitos da organização e que lhe proporcione maior retorno. A análise buscou identificar o melhor investimento, e foi utilizada uma abordagem de apoio multicritério a decisão.

Dentro da mesma metodologia, Campos et al. (2006) utilizaram um modelo multicritério de apoio a decisão, com o apoio do software VIP Analysis, para identificar a melhor localização da cidade de nova Jaguaribara -CE. O referido estudo analisou o resultado da pesquisa realizada entre os moradores da nova cidade, com outros critérios que não foram levados em consideração na pesquisa, tais como sociais, econômicos e ambientais, aonde chegaram a conclusão que o resultado do plebiscito não foi a melhor escolha em relação aos gerados pelo modelo.

Brito et. al. (2005), utilizaram modelo de Apoio Multicritério à Decisão para seleção de contratos de manutenção utilizando uma função valor aditiva com parâmetros interdependentes variáveis. Eles afirmaram que o modelo proposto destinou-se a auxiliar um processo decisório em questão, em que o agente de decisão não consegue estabelecer informações precisas sobre a importância dos critérios nem especificar objetivamente a taxa para a qual ele está disposto a permitir trocas ou compensações entre os mesmos.

Mello et al. (2007) estudaram o potencial de uso conjugado das metodologias MACBETH e VIP Analysis, com o objetivo de ajudar no processo de decisão para obter o máximo proveito destas metodologias em pró do decisor, na facilidade de conduzir os processos de decisão assumidos, onde a integração das metodologias forneceram resultados satisfatórios no processo de decisão.

Nesta mesma linha de pesquisa, Pereira et. al. (2008) utilizaram a Análise de Apoio à Decisão, com o propósito de alcançar o desenvolvimento social, onde foi elaborada uma abordagem com a inclusão do aspecto social de modo a garantir que todo processo de decisão passe pelo agricultor. Foram utilizados dois métodos de apoio à decisão multicritério MACBETH e VIP Analysis, para seleção da melhor alternativa capaz de viabilizar a promoção do desenvolvimento sustentável na região.

### **2.2.6 Análise Hierárquica**

As abordagens multicritérios se constituem em formas de modelar os processos de decisão onde entra em jogo uma decisão a ser tomada, os eventos desconhecidos que podem afetar os resultados, os possíveis cursos de ação e os próprios resultados. Estes modelos refletem, de maneira suficientemente estável, o juízo de valores dos decisores. Dessa forma, as abordagens multicritérios funcionam como uma base para discussão, principalmente nos casos onde há conflitos entre os decisores, ou ainda, quando a percepção do problema pelos vários atores envolvidos ainda não está totalmente consolidada Noronha (1998). Seu objetivo, portanto, é ajudar o “decisor” a analisar os dados, que são intensamente complexos no campo ambiental, e buscar a melhor estratégia de gestão do meio ambiente.

Em alguns problemas complexos, quando analisados em um sistema de suporte à decisão, são naturalmente decompostos em partes menores, dentro de uma certa lógica ou até mesmo por intuição, para melhor entender os objetos e processos que os compõem ou superar as limitações cognitivas dos decisores, caso contrário corre-se o risco de avaliar erroneamente as importâncias associadas a estes processos e, conseqüentemente, promover uma ordenação equivocada das alternativas.

Um exemplo que poderia ser citado trata-se de um problema de análise multicriterial que tenha 10 critérios sociais, 5 critérios ambientais e 2 critérios econômicos, aonde se atribuisse pesos iguais a cada critério. Para este exemplo, ao se utilizar um método de ordenação que tenha como princípio as propriedades aditivas, as alternativas que tivessem melhor desempenho nos critérios sociais teriam as melhores classificações, assim uma maneira para auxiliar a análise multicriterio é utilizar uma análise hierárquica, pois todos os critérios serão considerados na mesma proporção. Saaty (1991).

A hierarquia é definida como um sistema de níveis estratificados por (Saaty 1991), cada um consistindo de tantos elementos ou fatores (critérios). É, também, uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais (função utilidade associada a cada critério) de seus componentes (critérios), as forças (preferências) e seus impactos no sistema total (alternativas). Para tanto, a hierarquia pode ser construída em vários níveis desejados, podendo fixar um critério no primeiro nível, a definição de sub-critérios no segundo nível, e assim por diante. A hierarquia pode tomar várias formas inter-relacionadas e expressas termos em forças (preferências) que afetam os mesmos, as pessoas e, então, as suas políticas. Com isso, pode-se descer às estratégias (processo de escolha) e, finalmente, aos resultados (avaliação das alternativas) que advém de tais estratégias.

Como já destacado anteriormente, Saaty afirma que as hierarquias podem ser lineares, subindo de um nível de elementos para um nível adjacente, e não lineares, apresentando arranjos circulares, de modo que um nível superior pode ser dominado por um inferior e estar também numa posição dominante. Existe uma flexibilidade na construção da hierarquia dependendo das necessidades, critérios e natureza das metas. As vantagens das hierarquias, são basicamente as seguintes:

- a representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças, em prioridades nos níveis mais altos, afetam a prioridade dos níveis mais baixos;
- fornecem grandes detalhes de informação sobre a estrutura e as funções de um sistema nos níveis mais baixos, permitindo uma visão geral de fatores e dos seus propósitos nos níveis mais altos;

- o desenvolvimento dos sistemas naturais montados hierarquicamente é muito mais eficiente do que os montados de forma geral;
- são estáveis, pois pequenas modificações têm efeitos pequenos e flexíveis.

No entanto, Saaty complementa que a análise hierárquica provê uma forma estruturada e sistêmica para análise multicriterial de um problema decompondo -o em elementos (critérios e sub-critérios), processos (funções utilidade), forças (preferências a níveis hierárquicos) e seus impactos nas alternativas. No entanto, a maioria dos métodos para ordenação das alternativas, exceto o AHP, não provê meios para, intrinsecamente, levar em consideração os pesos/preferências para os critérios e sub -critérios (oriundos de uma hierarquização dos critérios). Faz-se necessário estabelecer meios para representar métodos hierárquicos em não hierárquicos a fim de aplicar a maioria dos métodos multicriteriais existentes.

### **2.2.7 Análise Multi-decisores**

Os problemas de natureza multicriterial já trazem naturalmente dificuldades inerentes a sua própria formulação e estruturação, como critérios contraditórios, complexidades na identificação das interrelações dos principais elementos ou processos, incertezas na identificação de fatores chave, desconhecimento de processos, dados imprecisos ou escassos, etc. As dificuldades aumentam quando os julgamentos das importâncias dos critérios são realizados por mais de um decisor, tão comum na análise de problemas de natureza multicriterial. (Soares, et all 2002). Dentro deste contexto, a busca da solução para o problema é agravada quando existem diferentes interesses/grupos de pressão ou pontos de vista, falta conhecimento ou as informações são imprecisas, falta coordenação, etc. Então, a obtenção de um consenso em uma negociação ou processo de decisão em grupo pode se tornar um problema de difícil solução.

Existem vários benefícios de uma decisão em grupo tais como:

- Grupos normalmente têm componentes com diferentes conhecimentos e habilidades, o que favorece a interpretação e análise de problemas de natureza multidisciplinares, típico de áreas que envolvem recursos hídricos, o que seria bem restritivo quando se trabalha individualmente,

- Trabalhando em grupo é possível entender melhor os problemas do que as pessoas trabalhando individualmente e, como consequência, melhores soluções são propostas e existe uma maior capacidade de se detectar falhas nos processos,
- Os componentes dos grupos são, em geral, mais responsáveis quanto aos processos de decisão que participam e, como consequência, são menos resistentes a sua implementação;
- Num processo de decisão em grupo, seus membros são estimulados a participar e uma sinergia pode ser atingida levando a uma maior eficácia na busca da solução e sua aceitabilidade

Por outro lado, também podem existir desvantagens quando se trabalha em grupo:

- Geralmente se leva muito mais tempo para se conseguir uma decisão em grupo, pois, além de somente um membro do grupo poder falar de cada vez, existe a tendência de ocorrer repetições do que foi dito anteriormente,
- Uso impróprio da dinâmica de grupo: nem sempre ocorre uma participação de todos os membros, gerando situações em que um número pequeno de membros pode ser dominante (do tempo ou de opiniões) enquanto que outros têm medo de falar e expor suas idéias em público.
- Envolve altos custos (custos de viagens, horas de participação, etc.)
- Quanto o uso do tempo é excessivo, a tarefa de análise do problema é incompleta e a solução apresentada para o problema tende a ser pobre em qualidade.
- Pode haver conflitos de idéias e o processo de negociação ser difícil de achar um consenso a decisão em grupo e a negociação (que é um processo dinâmico), freqüentemente podem usar as mesmas ferramentas para apoiar uma solução para o problema, porém isto não caracteriza que sejam sinônimos.

- A grande dificuldade do processo decisório está em lidar com a necessidade de satisfazer restrições e metas que atendam a todos os interesses, e a existência de objetivos e critérios conflitantes, típico de problemas de análise multicriterial

Compreende-se que a decisão e/ou negociação em grupo necessita:

- Da definição geral do problema envolvido;
- Criação de regras de decisão e normas do grupo;
- Definição de um grupo de alternativas a serem avaliadas;
- Definição dos critérios de decisão (dentre as múltiplas visões dos atores) e uma avaliação quali-quantitativa (utilitarista) de seus impactos em cada alternativa
- Elicitação das preferências individuais quanto aos aspectos relevantes (em termos de pesos, ou faixa de pesos, atribuídos aos critérios)
- Agregação das preferências em subgrupos ou grupos que seja, de certa forma, representativa e aceitável.

Várias teorias têm abordado processos de negociação entre elementos de grupos decisórios, envolvendo teoria dos jogos, análise de comportamento, envolvendo aspectos psicológicos, dos decisores (Braga, 2008, Nogueira, 2006, Vieira, 2005), trabalharam nesta linha, onde as preferências individuais sejam convertidas em uma decisão coletiva, a saber:

- A decisão final seja um produto das preferências e informações individuais dos decisores envolvidos,  
Ainda acrescenta-se:
- Que as preferências coletivas levem, também, em consideração a importância de cada grupo decisor no processo decisório.

Para Gomes (2006b) o apoio à decisão busca os valores precisos e para tal frequentemente utiliza-se das seguintes questões

- Existe consenso entre os decisores acerca de um valor?
- É possível utilizar-se da votação para resolver esse impasse?
- Pode-se fazer uma média (aritmética ou geométrica) para buscar um ‘meio-termo’?
- É conhecido algum valor futuro?

- Podem-se fazer estimativas?
- Existe a hesitação sobre o 'peso' de um ou mais critérios?
- É possível criar-se um questionário que ajude na eliciação destes valores?
- Pode ser arbitrado um valor para debate?
- Fez-se uma análise de sensibilidades dos valores utilizados?



## CAPÍTULO III

---

### BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS AÇU

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO

A área da bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, inserida no Estado da Paraíba, corresponde a 26.041,59 km<sup>2</sup> e a porção desta bacia localizada no Rio Grande do Norte corresponde a uma área de 17.498,50 km<sup>2</sup>. Estas quando somadas perfazem uma área total de 43.540,09 km<sup>2</sup> (Figura 3.1). O rio Piranhas-Açu desemboca no Oceano Atlântico com o nome de Baixo Açu. Nestas condições esta bacia hidrográfica é considerada uma bacia federal, (PERH/PB , 2004).

O Rio Piranhas nasce na Mesorregião do Sertão Paraibano, microrregião de Cajazeiras, relativas aos divisores de água que correspondem aos limites geográficos dos Estados da Paraíba e do Ceará, formando um sistema hidrográfico constituído pelos Alto e Médio curso do Rio Piranhas e pelas sub-bacias dos rios do Peixe, Piancó, Espinharas e Seridó, sendo estes os seus principais afluentes em território paraibano.

Essa bacia é uma das mais importantes do Nordeste Semi -Árido e conjuntamente com a bacia hidrográfica do rio Paraíba, compreende 82% da superfície total do Estado da Paraíba. Toda a área da bacia pertencente ao território paraibano está contida na mesorregião do Sertão Paraibano, incluindo as suas sub-bacias e regiões caracterizadas neste trabalho.

#### 3.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E CLIMATOLÓGICOS

##### 3.2.1 Caracterização territorial da bacia do rio Piranhas –Açu

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Piranhas -Açu especificamente no trecho 2 do Sistema Curema -Açu. Este trecho de rio com uma extensão de 41,46 km representa o rio Piancó e está localizado desde a jusante do açude Curema até a confluência dos rios Piancó e Piranhas (Figura 3.2).

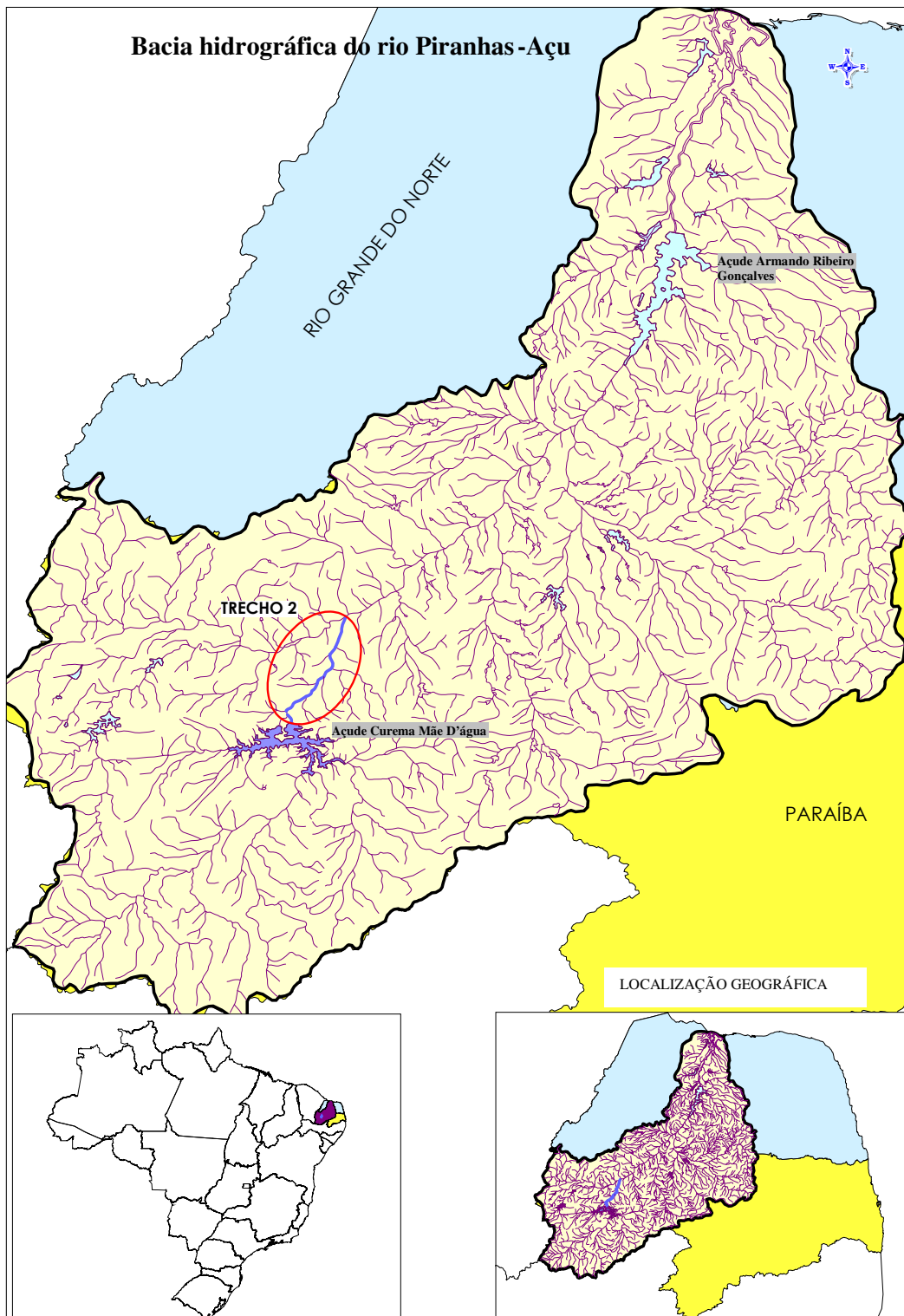


Figura 3.1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Piranhas -Açu.

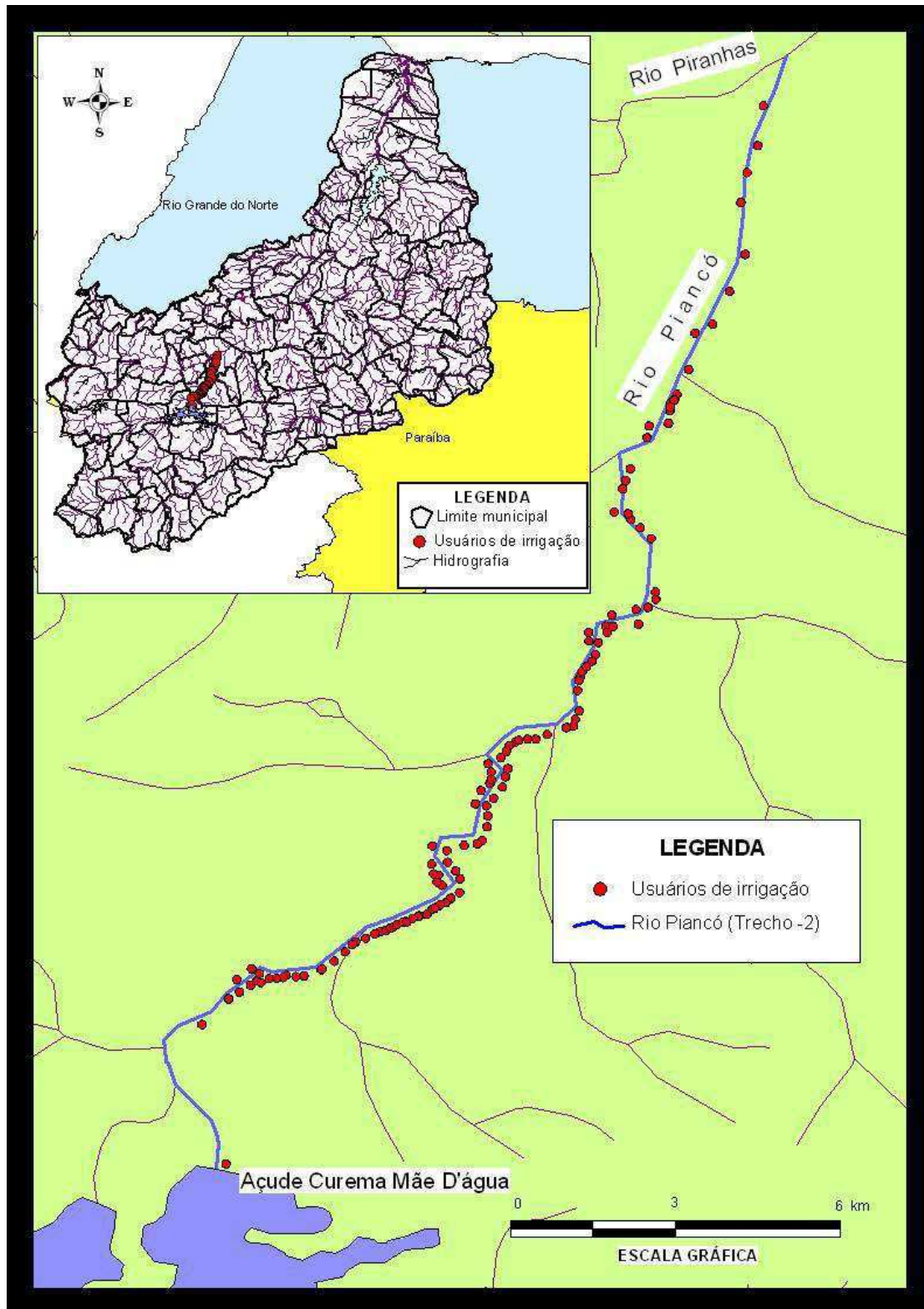


Figura 3.2 – Localização da área de estudo – Trecho 2 do Sistema Curema-Açu

### 3.2.1.2 Climatologia

O regime de chuvas da área em estudo se apresenta com médias pluviométricas anuais em torno de 800 mm para as sub-bacias dos rios Espinharas, Piancó e alto e médio curso do Rio Piranhas no Estado da Paraíba. Isto confere à bacia características dominantes de clima semi-árido. Já a precipitação média anual na sub-bacia do Rio do Peixe é de 850 mm, (PERH/PB, 2004). Na área da bacia dentro do Estado do Rio Grande do Norte, as chuvas médias anuais de longo período situam-se entre 500 e 600 mm, com tendência de crescimento da foz para montante, observa-se que na cidade de Jucurutu, há núcleos com mais de 700 mm (PERH/RN, 2005).

Entretanto, áreas com precipitações menores se distribuem ao longo da bacia, com destaque para a sub-bacia do rio Seridó, no Estado da Paraíba. Nesta sub-bacia as pluviometrias médias anuais na faixa de 400 a 600 mm. Foi a região da borda leste da bacia do baixo Açu, no Rio Grande do Norte, inclusive sua área litorânea, a precipitação média anual é inferior a 500 mm.

As variações sobre a distribuição de temperatura são de 20 °C a 24 °C, quando atingem valores mínimos, e 28 °C a 33 °C, quando atingem valores máximos nos meses de novembro e dezembro.

A evaporação média anual é relativamente alta. Dados obtidos a partir de um tanque classe A indicam que há uma variação anual da ordem de 2.000 a 2.500 mm, e os valores decrescem do interior da bacia para o litoral. Entretanto, valores de evaporação médios anual, são superiores a 3.000 mm foram registrados no médio curso do rio Piranhas e na sub-bacia do rio Seridó.

A umidade relativa do ar apresenta valores baixos, com uma média anual variando de 45 % a 65 % no Estado da Paraíba. Observa-se que o mês mais úmido é fevereiro, quando a umidade máxima atinge 60 %; e o mais seco é outubro, período em que a umidade mínima atinge 41 %.

### 3.2.1.3 Geologia

Do ponto de vista geológico, a litologia da bacia do rio Piranhas -Açu apresenta uma predominância de terrenos cristalinos e sedimentares.

Os terrenos cristalinos precambrianos, pertencentes ao complexo gnáissicomigmatítico e aos grupos São José e Seridó, representados, principalmente, por micaxistos, paragnaisses e quartzitos, englobam todo o conjunto de rochas cristalinas do sistema de dobramentos marginais Seridó, com as formações Seridó (micaxistos), Equador (quartzitos) e Jucurutu (paragnaisses).

Já os terrenos sedimentares são constituídos por Depósitos Quaternários (aluviões de areias diversas com intercalações de sedimentos pelíticos, ocupando principalmente o baixo vale do rio, e dunas formadas por areias bem selecionadas, amareladas, inconsolidadas e homogêneas, na faixa costeira), Depósitos Terciários (arenitos finos a médios ou conglomeráticos com intercalações de siltitos e argilitos do Grupo Barreiras (TTB)); arenitos médios a conglomeráticos, avermelhados ou amarelados, com níveis pelíticos locais, da Formação Serra do Martins (TTm), na Serra de Santana, ao sul de Santana do Matos e Sedimentos Mesozóicos (Grupo Apodi, Grupo Areia Branca e Grupo Rio do Peixe).

Para a área da bacia localizada no Rio Grande do Norte, segundo dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Rio Grande do Norte, 1998), predominam rochas cristalinas pré-cambrianas, nas porções centro-sul e sudeste, relacionadas aos complexos Caicó, São Vicente e Seridó, com intrusões de rochas plutônicas e filonianas. No sudeste, destaca-se, ainda, a ocorrência de duas grandes manchas, constituídas por arenitos caulíníticos, arenitos ferruginosos e lateritas, relacionadas à Formação Serra do Martins, do Terciário, recobrando terrenos do embasamento Pré-Cambriano.

Na parte norte, menos representativa em área que na Bacia Apodi-Mossoró, ocorrem calcários da Formação Jandaíra e arenitos da Formação Açu e Grupo Barreiras. A planície flúvio-marinho, que constitui o renomado Vale do Açu, é constituída por sedimentos quaternários.

### 3.2.1.4 Solos

Os tipos de solos mais comuns na área da bacia hidrográfica do Piranhas-Açu, situada no Estado da Paraíba, são: Bruno não Cálcico, Litossolos, Podzólicos, Solonetz Solodizados e Solos Aluviais. Na sub-bacia Espinharas são identificados solos do tipo Cambissolo e Regossolo em profundidade moderada e, na sub-bacia do Seridó, Vertissolos Eutróficos, Regossolos Eutróficos com Fragipan e Afioramentos de Rochas.

No Estado do Rio Grande do Norte, os tipos de solo mais comuns são Bruno não Cálcico (35,1%), Solos Litólicos Eutróficos (29,0%), Solonetz Solodizados (7,5%), Cambissolo Eutrófico (5,5%), Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (5,0%) e Latossolo Amarelo Ditrófico (5,0%). Destaca-se, ainda, a presença de solos do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, Solos Aluviais Eutróficos e Solonchak Sódico.

### 3.2.1.5 Vegetação

A vegetação natural da bacia do Piranhas-Açu que abrange a área do Estado da Paraíba, é do tipo xerófila, pertencente ao bioma caatinga, mais especificamente a caatinga hiperxerófila. Destaca-se, ainda, a presença de vegetação do tipo hipoxerófila nos maciços de Monte Horebe, na porção sul do Alto Piranhas. As matas ciliares são praticamente inexistentes. Na área da bacia que está inserida no Estado do Rio Grande do Norte, 57,9% compreendem vegetação do tipo caatinga herbácea-arbustiva, e 42%, caatinga arbórea.

As espécies mais comuns são Aroeira, Angico, Baraúnas, Bredo, Capim Pé de Galinha, Capim Penhasco, Carabeira, Catingueira, Coroa-de-Frade, Favela, Gitirana, Jaramataia, Juazeiro, Jurema, Malva, Marmeleiro, Muçambê, Oiticica, Pereiro, Pinhão, Vassourinha, Velame e Xique-xique.

O processo de degradação do Semi-Árido é uma constante, principalmente pela interferência do homem através do uso agrícola. Pastagens e outros tipos de intervenções antrópicas na bacia atingem 84,8% da área total no Estado da Paraíba. No Rio Grande do Norte, 22,0% compreendem caatinga antropizada, e 8,5% terras agrícolas.

### 3.3 RECURSOS HÍDRICOS

#### 3.3.1 Recursos hídricos superficiais

Na região da bacia hidrográfica do Piranhas-Açu, inserida no Estado do Rio Grande do Norte, foram cadastrados 1.112 açudes, segundo dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos/RN (1998), os quais totalizam um volume de acumulação de 3.503.853.300 m<sup>3</sup> de água, o que corresponde, respectivamente, a 49,3% e 79,6% dos totais de açudes e volumes acumulados no Rio Grande do Norte. Para o Estado da Paraíba, a açudagem, na bacia do Piranhas-Açu, totaliza um volume de acumulação de 4.246.310.148,27 m<sup>3</sup> (PERH/PB, 2004).

A bacia do Rio Piranhas-Açu conta com um total de 39 reservatórios, com capacidade de acumulação superior a 10 milhões de metros cúbicos, sendo 26 no Estado da Paraíba e 13 no Estado do Rio Grande do Norte, conforme pode ser observado nos Quadros 3.1 e 3.2. Dentre eles, destacam-se o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte, e o sistema de reservatórios Curema Mãe d'Água, na Paraíba, considerados estratégicos para o desenvolvimento sócio-econômico dos dois Estados.

**Quadro 3.1 – Principais açudes inseridos na bacia no Estado da Paraíba.**

Município	Açude	Capacidade Máxima (m <sup>3</sup> )	Município	Açude	Capacidade Máxima (m <sup>3</sup> )
Água Branca	Bom Jesus	14.174.382	Nova Olinda	Saco	97.488.089
Aguiar	Frutuoso II	3.517.220	Olho D'água	Catingueira	875.000
Belém do Brejo do Cruz	Escondido I	16.325.814	Olho D'água	Jenipapeiro	70.757.250
Belém do Brejo do Cruz	Tapera	26.418.660	Patos	Farinha	25.738.500
Boa Ventura	Riacho Verde	1.256.250	Patos	Jatobá I	17.516.000
Bonito de Santa Fé	Bartolomeu I	17.570.556	Princesa Isabel	Jatobá II	6.487.200
Brejo do Cruz	Santa Rosa	2.843.984	Riacho dos Cavalos	Rcho dos Cavalos	17.699.000
Cachoeira dos Índios	Cachoeira da Vaca	339.156	Santa Cruz	Caldeirão	508.433
Cajazeiras	Engenheiro Ávidos	255.000.000	Santa Helena	Santa Helena	871.500
Cajazeiras	Lagoa do Arroz	80.220.750	Santa Inês	Santa Inês	26.115.250
Caraúbas	Curimatã	6.279.625	Santa Luzia	Santa Luzia	11.960.250
Carrapateira	Bom Jesus	343.800	Santa Terezinha	Capoeira	53.450.000
Catingueira	Cachoeira dos Cegos	71.887.047	Santana dos Garrotes	Queimadas	15.625.338
Conceição	Condado	35.016.000	S João do Rio do Peixe	Chupadouro I	2.764.100
Conceição	Serra Vermelha	11.801.173	S João do Rio do Peixe	Pilões	13.000.000
Conceição	Vidéo	6.040.263	S José da Lagoa Tapada	Jenipapeiro	1.948.300

Continuação do Quadro 3.1

Condado	Engenheiro Arcoverde	30.593.400	São José de Caiana	Pimenta	255.744
Coremas- Mãe D'água	Coremas	1.358.000.000	São José de Piranhas	São José	3.051.125
Curral Velho	Bruscas	38.206.463	S José do Brejo do Cruz	Baião	39.226.628
Diamante	Vazantes	9.091.200	São Mamede	São Mamede	15.791.280
Emas	Emas	2.013.750	Serra Grande	Cafundó	313.680
Ibiara	Piranhas	25.692.200	Serra Redonda	Chupadouro II	634.620
Igaracy	Cochos	4.200.000	Sousa	São Gonçalo	44.600.000
Imaculada	Albino	1.833.955	Tavares	Novo II	706.080
Itaporanga	Cachoeira dos Alves	10.611.198	Tavares	Tavares	8.943.690
Jericó	Carneiro	31.285.875	Teixeira	Bastiana	1.271.560
João Pessoa	Marés	2.136.637	Teixeira	Rcho das Moças	6.413.411
Juru	Glória	1.349.980	Teixeira	Sabonete	1.952.540
Juru	Timbaúba	15.438.573	Teixeira	São Francisco	4.920.720
Manaíra	Católé II	10.500.000	Triunfo	Gamela	472.296
Monte Horebe	Novo	382.700	Uiraúna	Arrojado	3.569.180

Fonte: PERH – PB (2004)

Quadro 3.2 – Principais açudes inseridos na bacia no Estado do Rio Grande do Norte.

Município	Açude	Capacidade máxima (m³)
Apodi	Santa Cruz	600.000.000
Ouro Branco	Esguicho	21.567.272
Paraú	Belduegra	9.580.900
Assu	Mendubim	76.349.500
Assu	Armando R. Gonçalves	2.400.000.000
Ipanguaçu	Pataxó	24.500.000
Santana do Matos	Rio da Pedra	12.431.600
Santana do Matos	Alecrim	7.000.000
Angicos	Novo Angicos	5.300.000
Angicos	Boqueirão de Angicos	19.754.850
São João do Sabugi	Sabugi	65.334.880
Caicó	Itans	81.750.000
São José do Seridó	Passagem das Traíras	48.858.100
Cruzeta	Cruzeta	35.000.000
Jardim do Seridó	Zangarelhas	7.916.000
Parelhas	Caldeirão de Parelhas	10.195.600
Parelhas	Boqueirão de Parelhas	85.012.750
Acari	Marechal Dutra	40.000.000
Currais Novos	Dourado	10.321.600
São João do Sabugi	Carnaúba	25.710.900

Fonte: PERH/RN (2005)



O sistema de reservatórios Curema-Mãe d'Água, com capacidade de armazenamento de 1,350 bilhão de metros cúbicos, garante o abastecimento urbano e rural de várias localidades e pereniza 160 km do rio até encontrar o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, possibilitando o desenvolvimento agrícola dessa região, além de perenizar o trecho do Rio Piranhas até o lago formado pela Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte.

A Barragem Armando Ribeiro Gonçalves é o maior reservatório de água do Estado do Rio Grande do Norte, com capacidade de armazenamento de 2,400 bilhões de metros cúbicos, a partir da qual o Rio Piranhas-Açu torna-se perene em seus 100 km de curso até a foz, permitindo o desenvolvimento da potencialidade agrícola de toda a região, denominada de Baixo Açu, além de garantir o abastecimento de vários municípios e comunidades rurais, utilizando diversos sistemas adutores.

### **3.3.2 Recursos hídricos subterrâneos**

Relativamente às dimensões e às propriedades hidráulicas dos aquíferos do Estado da Paraíba, no Alto Piranhas-Açu, os aluviões, a exemplo do que acontece nos altos cursos de outras bacias, apresentam largura variável de 50 a 400 m e ocupam uma área da ordem 274 km<sup>2</sup>, em que a espessura média saturada é estimada em cerca de quatro metros. No Médio Piranhas-Açu, a porosidade efetiva, obtida em testes de bombeamento em aluviões do Rio Seridó, é da ordem de 17%. No Baixo Piranhas-Açu, os aluviões formam dois aquíferos: um superior livre, com espessura variável de 20 a 50 m e porosidade efetiva estimada em 10%; e um inferior confinado, com espessura variável de 27 m ao sul, 114 m, na cidade de Carnaubais e 248 m no extremo norte (PERH/PB, 2004).

Para os aquíferos do Estado do Rio Grande do Norte, os aluviões e aquífero Barreiras ocupam uma área, respectivamente, de 494,1 km<sup>2</sup> e 565,2 km<sup>2</sup>, e os poços alcançam uma profundidade média de 6 a 50 m e 40 a 80 m. Destaque -se ainda o aquífero Jandaíra, no Baixo Piranhas-Açu, o qual ocupa uma área de 2367,3 km<sup>2</sup>, com espessura variável entre 50 e 300 m, podendo-se admitir uma espessura mediana de 175 m PERH/RN, (2005).

As principais ocorrências de água em subsuperfície, em aluvião, na Bacia do Rio Piranhas-Açu, ocorrem na região central da Bacia do Rio do Peixe, em uma área de 1600 km<sup>2</sup> Brasil, (2004).

As vazões dos poços da Bacia do Piranhas -Açu podem ser avaliadas a partir dos 1.123 poços cadastrados, sendo 144 nos aluviões, 60 no calcário Jandaíra, 25 do arenito Açu, 26 nos arenitos do grupo Rio do Peixe e 868 no aquífero Fissural. Nos aluviões, as vazões variam de 0,3 a 225 m<sup>3</sup>/h; no aquífero Jandaíra, a média é de 8,7 m<sup>3</sup>/h; no aquífero Açu, foram encontradas vazões de 1 a 55 m<sup>3</sup>/h, com média de 8,7 m<sup>3</sup>/h. As vazões de poços perfurados no cristalino seguem uma distribuição log -normal com média de 3,8 m<sup>3</sup>/h.

### **3.3.3 Aspectos sócio-econômicos**

A bacia hidrográfica do Rio Piranhas -Açu abrange, total ou parcialmente, a área de 148 municípios, sendo 46 no Rio Grande do Norte e 102 na Paraíba.

A população total da bacia do Rio Piranhas -Açu é de 1.551.541 habitantes, sendo 1.038.676 habitantes no Estado da Paraíba (657.037 na zona urbana e 381.639 na zona rural) e 512.865 habitantes no Estado do Rio Grande do Norte (356.652 na zona urbana e 156.213 na zona rural).

Os municípios que se destacam como os mais populosos da bacia do Rio Piranhas -Açu, no Estado do Rio Grande do Norte, é Caicó, com 60.656 habitantes, e, no Estado da Paraíba, Patos, com 97.276 habitantes. Já os municípios menos populosos da bacia são Ipueira, no Rio Grande do Norte, com 2.035 habitantes, e Quixaba, na Paraíba, com 1.433 habitantes, segundo dados do Censo Demográfico do IBGE (2007).

A base econômica da região concentra-se na atividade agropecuária e, em menor grau, na industrial, que é relativamente diversificada. Esta é a terceira região do Estado do Rio Grande do Norte com propriedades rurais de tamanho médio (98,8 ha) e a primeira em concentração de produtores na categoria de pequenos posseiros (40 % do número total de ocupantes do Estado), parceiros (44 %) e arrendatários (47 %), Gruben e Lopes (2005).

Na agricultura, o principal cultivo é o algodão, geralmente, consorciado ao milho, ao feijão e à banana. Recentemente, a produção de banana tem se intensificado no Vale do Açu, sendo cultivada, a exemplo do melão, através da irrigação. Desde a última década, a base produtiva tradicional da agricultura vem se modernizando pela introdução da irrigação (pública e privada) nas grandes, médias e pequenas propriedades. A criação bovina é uma das atividades mais expressivas da região. Além disso, também estão presentes, na região, as indústrias têxteis, de cerâmica, mineral e de produtos alimentares.

Como indicativo de desenvolvimento da região, um índice mundialmente aceito é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), que leva em consideração três aspectos básicos da população: expectativa de vida, educação e renda per capita. Para a referida região, o IDH-M 2000 encontra-se nos Anexos C e D. O IDH-M médio da região da bacia do Rio Piranhas-Açu, inserida no Rio Grande do Norte, é de 0,658 e, na parte inserida na Paraíba, é de 0,661.

Em relação ao quadro sanitário da bacia em questão, destaque -se que, para o Estado da Paraíba, o índice de cobertura de abastecimento de água é de 96 %, atendendo, portanto, a um total de 464.039 habitantes na zona urbana. Já no Estado do Rio Grande do Norte, a população urbana total da bacia atendida por sistema de abastecimento de água é de 268.202 habitantes, representando um índice de cobertura de abastecimento de água de 92 %. (PERH/PB, 2004)

A população urbana da bacia atendida por rede de esgotamento sanitário, no Estado da Paraíba, é de 12.395 habitantes, o que corresponde a 2,46 % da população atendida de todo o Estado. Para o Estado do Rio Grande do Norte, o número de habitantes atendidos por esse serviço público sobe para 31.672, ou seja, o equivalente a 13,95 % da população atendida, em sua maioria, utilizando fossas rudimentares (48,7 %). Essa situação, em certas zonas, começa a constituir um foco de preocupação, devido à contaminação dos rios e lençóis freáticos, através dos efluentes domésticos (Brasil, 2004).

De modo geral, os níveis de atendimento e de cobertura dos programas de saneamento (esgotamento sanitário) ainda estão muito aquém dos parâmetros considerados adequados à qualidade de vida da população. Essa situação compromete o meio ambiente e

o bem-estar da população. Os problemas se tornam ainda mais evidentes pela infraestrutura insuficiente e fragilidade dos serviços de saúde pública.

### **3.4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.4.1 O Sistema Curema-Açu**

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 hm<sup>3</sup> 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 hm<sup>3</sup> 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, destaque-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.

Outro aspecto relevante diz respeito à relativa escassez hídrica no sistema e respectiva necessidade de aporte hídrico à região ou, até mesmo, uma gestão mais eficaz, para viabilizar o desenvolvimento da região. Outros conflitos de usos na Paraíba e no Rio

Grande do Norte podem ser destacados neste sistema hídrico, em especial, na definição da vazão de divisa entre os dois Estados.

Em 18 de fevereiro de 2004, foi celebrado Convênio de Integração, entre a Agência Nacional de Águas - ANA, os estados da Paraíba, do Rio Grande do Norte e o DNOCS, com o objetivo de articular as ações visando à gestão integrada na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu. Este convênio visa possibilitar a harmonização de critérios, normas e procedimentos relativos ao cadastramento, outorga e fiscalização de usos de recursos hídricos, bem como a mobilização e a articulação de usuários para o processo de gestão participativa e, em especial, o estabelecimento de um plano de regularização e ordenamento de usos para o Sistema Curema-Açu, além do desenvolvimento de ações de conservação e uso racional da água. Ademais, pode-se destacar alguns objetivos específicos daquele convênio, a saber:

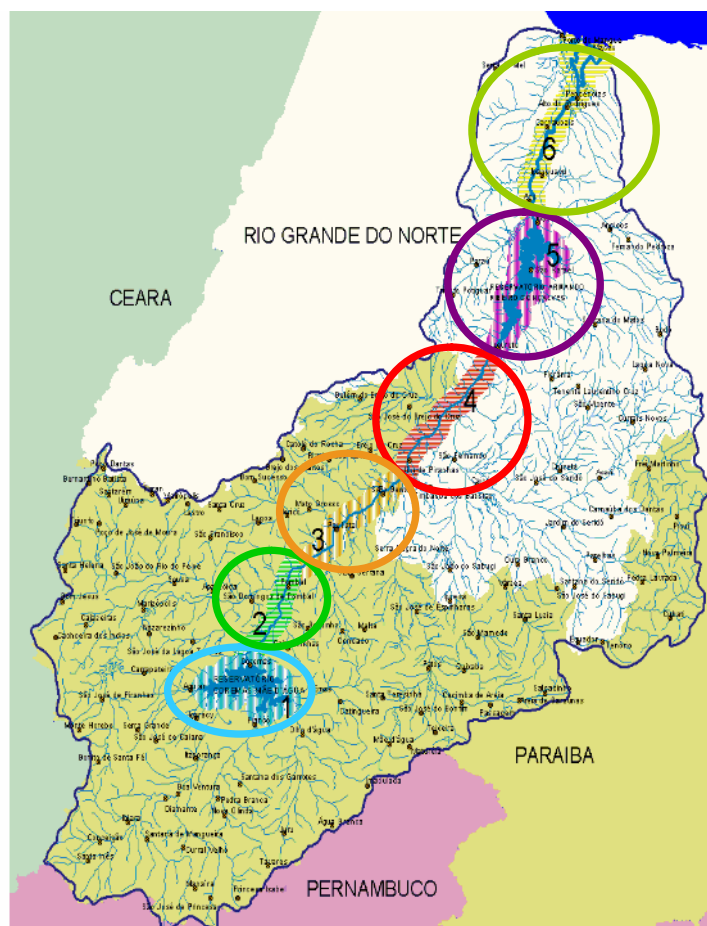
- estabelecimento de um marco regulatório de longo prazo para a regularização e ordenamento dos usos dos recursos hídricos do Sistema Curema -Açu;
- realização de levantamento e diagnósticos para conhecer a situação dos usos da água e de sua disponibilidade quantitativa e qualitativa no Sistema Curema -Açu;
- realização das atividades referentes à mobilização e articulação de usuários visando o estabelecimento de canais de interlocução com a sociedade e a efetividade da gestão participativa e descentralizada;
- regularização dos usos dos recursos hídricos incluídos o cadastro dos usuários e a outorga de recursos hídricos, realizada de forma articulada entre a ANA, o DNOCS, a SERHID, a SEMARH, o IGARN e a AAGISA, no âmbito de competência de cada órgão;
- a expedição de instrumentos de outorga de direito de uso e execução de ações de fiscalização realizadas de forma articulada entre a ANA, o DNOCS, a SERHID, a SEMARH, o IGARN e a AAGISA, no âmbito de competência de cada órgão.

Conceitualmente, o processo de regularização e ordenamento de usos é constituído de diferentes e complexas etapas a serem desenvolvidas de forma simultânea e integrada e contempla um conjunto de atividades visando tornar regulares os usos existentes em determinada data, sendo composto pelo cadastro de usos e usuários, a harmonização de normas, critérios e procedimentos, o marco regulatório e a concessão e revisão de

outorgas. Particularmente, o cadastro é realizado via campanha de campo e/ou declaratório e sua atualização ocorre mediante declarações periódicas.

Para sistematizar todo o processo de regularização, o Sistema Curema -Açu foi dividido em seis trechos (Figura 3.3), a saber:

- Trecho 1: Açude Curema-Mãe d'Água;
- **Trecho 2:** Jusante do açude Curema-Mãe d'Água até a confluência dos Rios Piancó e Piranhas (Rio Piancó);
- Trecho 3: da confluência até a divisa PB/RN (Rio Piranhas – PB);
- Trecho 4: da divisa PB/RN até o Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (Rio Piranhas – RN);
- Trecho 5: Açude Armando Ribeiro Gonçalves;
- Trecho 6: Rio Açu.



**Figura 3.3 – Sistema Curema-Açu – Divisão dos 6 trechos.**

A Resolução nº 687 (ANA, 2004), estabelece que a vazão máxima disponível para captação pelo conjunto dos usuários de água do Sistema Curema-Açu corresponde à vazão de 26,30 m<sup>3</sup>/s, já descontada da vazão ecológica de 1,00 m<sup>3</sup>/s no final do Trecho 6 (Rio Açu), e estabelece as vazões discriminadas por trecho e por finalidade de uso, além dos limites de vazão máxima disponível para o Estado da Paraíba (6,4 m<sup>3</sup>/s) e para o Rio Grande do Norte (20,9 m<sup>3</sup>/s). Ademais, esta resolução define que a ANA deverá delegar para os Estados a competência para emitir outorgas no Sistema Curema -Açu nas áreas de abrangência de seus territórios, que será emitida uma única outorga para cada trecho e que as outorgas terão validade de até dez anos e serão reavaliadas a cada biênio. Estabelece, ainda, que as vazões de captação e derivação inferiores a 0,50 l/s serão consideradas insignificantes, portanto dispensadas de outorga, e a vazão mínima de 1,50 m<sup>3</sup>/s no rio Piranhas na divisa geográfica dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte nos cinco primeiros anos de vigência da Resolução, e de 1,00 m<sup>3</sup>/s a partir do sexto ano, de acordo com as necessidades hídricas do Estado do Rio Grande do Norte no trecho nº 4 (Rio Piranhas-RN). Além do mais, a Resolução avança no que respeita a critérios para efeitos de fiscalização, define onze seções de monitoramento no Sistema Curema -Açu, define também regras operativas para a geração de energia de usina hidrelétrica existente e valores de consumo per capita para o abastecimento público e a adequação das demandas de água para a finalidade carcinicultura e índices de eficiência mínima para os projetos de irrigação. Enfim, a Resolução avança no que concerne à conservação e uso racional dos recursos hídricos.

A construção do Marco Regulatório para o setor de recursos hídricos do Sistema Curema-Açu é de suma importância para o desenvolvimento de estratégias de articulação institucional que possibilitem efetivar a gestão compartilhada dos recursos hídricos independente de sua dominialidade, que resulta na otimização de trabalho e aumento de eficiência na aplicação dos recursos disponíveis.

Proposto para um horizonte de 10 anos, o Marco Regulatório tem como objetivos principais a promoção da gestão integrada na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, a harmonização de critérios, normas e procedimentos relativos ao cadastro, à outorga e à fiscalização de usos de recursos hídricos e a mobilização e articulação de usuários para o processo de gestão participativa no eixo definido.

### 3.4.1.1 Demandas hídricas no Sistema Curema-Açu.

Para que sejam compreendidas as demandas para o atendimento aos diversos usos da água, é fundamental, além dos dados referentes aos parâmetros do ciclo hidrológico, o conhecimento das vazões requeridas por usuários dos recursos hídricos, a fim de que possam ser gerados subsídios que possibilitem a tomada de decisão dos gerenciadores dos recursos hídricos de dada localidade.

As demandas disponíveis dos recursos hídricos para o Sistema Curema -Açu, bem como o ordenamento dos usos para todos os trechos, que foram objeto do Marco Regulatório, estão listadas na Tabela 3.1 e mostradas na Figura 3.4.

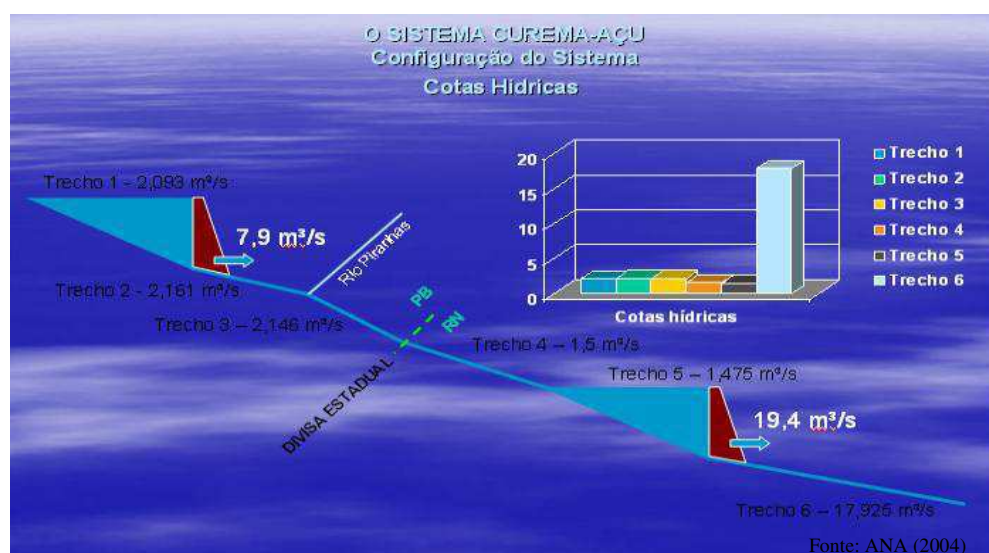


Figura 3.4 – Disponibilidade hídrica do Sistema Curema -Açu.

Tabela 3.1 – Ordenamento de usos do Sistema Curema -Açu (destaque o trecho 2)

Usos / Trechos	Demandas (m³/s)					
	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5	Trecho 6
Abastecimento difuso	0,010	0,024	0,024	0,115	0,149	0,360
Adutoras	0,099	0,717	0,254	0,155	0,328	0,708
Irrigação difusa	0,096	0,900	1,839	1,214	0,066	2,000
Irrigação em perímetros	1,875	0,500	0,000	0,000	0,920	6,523
Indústria	0,000	0,000	0,004	0,005	0,002	0,250
Piscicultura	0,013	0,020	0,025	0,010	0,010	0,298
Carcinicultura	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,400
Outros usos	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	3,386
<b>Total</b>	2,093	<b>2,161</b>	2,146	1,500	1,475	17,925

Fonte: ANA (2004)



### 3.4.1.2 Representação do trecho 2 no sistema Curema -Açu

Conforme descrito anteriormente, o Sistema Curema -Açu está dividido em 6 (seis) trechos, sendo 3 (três) trechos no Estado da Paraíba e 3 (três) trechos no Estado do Rio Grande do Norte. Para o estudo de caso, a utilização do modelo multicritério, foi aplicado ao trecho 2 (dois), que compreende desde a jusante do açude Coremas até a confluência dos rios Piancó e Piranhas.

Para o bom funcionamento de um sistema de alocação de recursos hídricos é necessário que os direitos dos usuários sejam reconhecidos. O instrumento que garante estes direitos é a outorga. Desta forma, o presente estudo de caso considera os usuários que tenham obtido do poder outorgante competente a sua outorga de direito de uso das águas do Piranhas-Açu e aqueles que poderão ser outorgados. Estes usuários estão relacionados no CNARH - Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas - ANA, que em julho de 2008 possuía um total de 2006 usuários cadastrados demandando um total de 6,775 m<sup>3</sup>/s (Valor superior ao Marco Regulatório, que estabelece uma disponibilidade de 6,4 m<sup>3</sup>/s), destes usuários apenas 1.157 usuários estão regulares, que serão outorgados ou dispensados de outorgas, os dispensados não devem atingir uma demanda superior a 0,5 l/s. Para o trecho 2 estão cadastrados, no Sistema Curema-Açu, um total de 452 usuários, com 244 cadastros válidos, dentre estes 177 usuários são outorgáveis, conforme mostra a Tabela 3.2.

A Companhia Hidrelétrica do São Francisco - CHESF é uma empresa do setor elétrico, a qual mantém uma unidade localizada na cidade de Coremas, que é responsável pela geração de energia através de suas turbinas instaladas no açude Curema. Deve -se, portanto, considerá-la como usuária do sistema, pois necessita de uma determinada vazão para geração de energia.

**Tabela 3.2 – Situação dos usuários no Sistema Curema -Açu na Paraíba.**

Situação dos usuários dos trechos 1, 2 e 3 do Sistema Curama -Açu							
Trechos	Cadastrados	Válidos	Outorgáveis	Outorgados	Não outorgados	Dispensados	Cancelados
Trecho 1	1056	622	154	3	151	468	434
Trecho 2	452	244	177	129	48	67	208
Trecho 3	498	291	271	220	51	20	207
<b>Total</b>	<b>2006</b>	<b>1157</b>	<b>602</b>	<b>352</b>	<b>250</b>	<b>555</b>	<b>849</b>

Fonte: ANA (2008)

## CAPÍTULO IV

---

### METODOLOGIA PROPOSTA

#### 4.1 O MÉTODO MULTICRITERIAL UTILIZADO

##### 4.1.1 Justificativa para escolha do método

Os métodos multicritérios de apoio à decisão têm como princípio buscar o estabelecimento de uma relação de preferências (subjetivas) entre as alternativas que estão sendo avaliadas sob a influência de vários critérios, no processo de decisão (Gomes, 2002; Almeida e Costa, 2005).

A grande maioria dos métodos para ordenação das alternativas, exceto o AHP - Analytical Hierarchy Process, não provê meios para, intrinsecamente, levar em consideração os pesos/preferências para um conjunto de critérios colocados em forma hierárquica, ou seja, na forma de critérios e sub-critérios. No entanto, o método AHP possui algumas restrições, sendo uma delas a utilização de um número limitado de hierarquias, de julgadores/decisores e de incertezas no estabelecimento das preferências.

De acordo com Banna (1993b) pode-se estabelecer meios para representar métodos hierárquicos de forma não hierárquicos a fim de aplicar a maioria dos métodos multicriteriais existentes, uma vez que a análise hierárquica provê uma forma estruturada e sistêmica para análise multicriterial de um problema, decompondo-o em elementos (critérios e sub-critérios), processos (funções utilidade), forças (preferências a níveis hierárquicos) e seus impactos nas alternativas.

Diante disto, será utilizado neste estudo o método compensatório, VIP Analysis, proposto por (Dias e Clímaco, 2000), pois utiliza uma abordagem com parâmetros de variáveis interdependentes. Essa abordagem sugere que se tratem os parâmetros (*constantes de escala ou "pesos"*), que representam as preferências dos decisores, como variáveis interdependentes sujeitas a restrições impostas pela estrutura de preferências do decisor, onde essas informações sujeitam as restrições são classificadas como imprecisas, incompletas ou insatisfatórias.

No entanto, para utilização deste método será realizada uma análise hierárquica para definir um peso final (valor específico) ou hierarquização de preferências (incerteza quanto ao valor específico) para os critérios e sub-critérios, através de 3 métodos que serão apresentados neste capítulo.

#### **4.1.2 O Método VIP Analysis**

O método VIP Analysis é uma ferramenta de Apoio à Decisão Multicritério - ADM muito indicada em situações nas quais, o decisor não se sente confortável para prover valores precisos para os pesos, aceitando trabalhar apenas com um conjunto de informações parciais. De acordo com Dias e Clímaco (2005), este método permite auxiliar os tomadores de decisão a encontrar as alternativas preferidas por meio da construção de uma função de valor aditiva.

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 elicitar 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 frequentemente, o decisor sente necessidade de mover esses 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 Clímaco, (2005) sugerem uma abordagem diferente, que faz uso de parâmetros variáveis interdependentes sujeitos às restrições. A informação conduz a restrições frequentemente denominadas imprecisas, incompletas ou parciais, pois uso da expressão imprecisa significa que não será imposta uma combinação precisa de valores para os parâmetros. O propósito é obter o máximo de informações possível a partir deste tipo de informação.

### *Conceitos básicos usados no VIP Analysis*

O propósito do VIP Analysis é o de apoiar a avaliação de um conjunto discreto de alternativas. A idéia 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.

No modelo VIP Analysis, 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.

$$V(a_i, k) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a_i) \quad \text{para} \quad \sum_{j=1}^n k_j = 1 \quad \text{e} \quad k_j \geq 0 \quad (4.1)$$

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.

### 4.1.3 Aplicação do Método VIP – Metodologia utilizada

Para a implementação do Método VIP Analysis é necessário que se tenha uma matriz de avaliação, definindo quais serão as alternativas e os critérios a serem analisados.

#### 4.1.3.1 Matriz de Avaliação

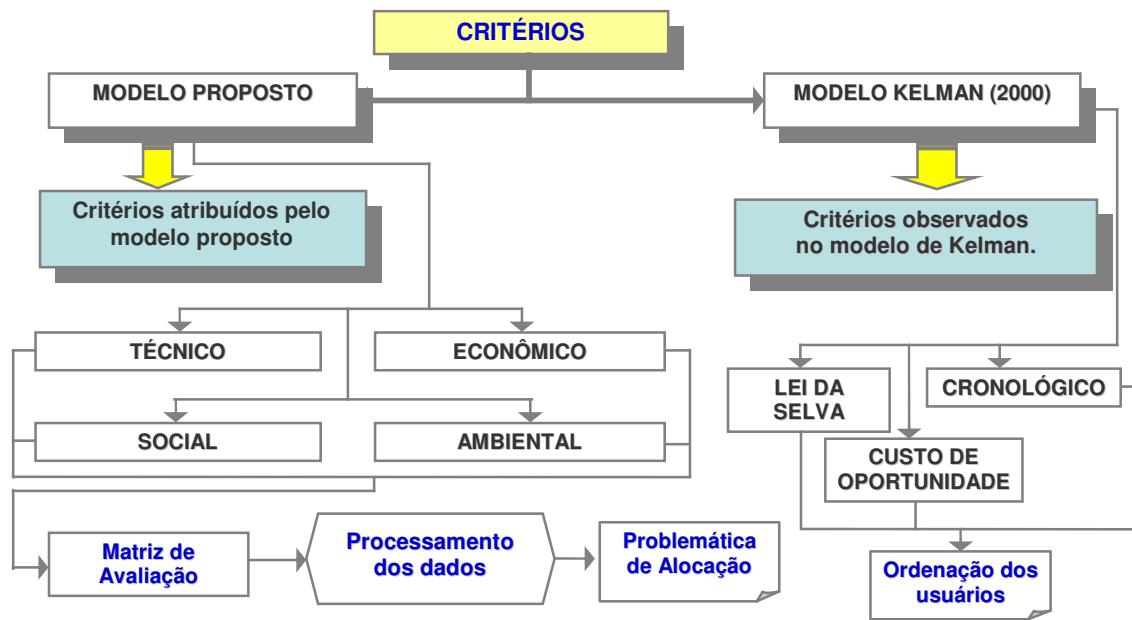
Também chamada de matriz de decisão (Quadro 4.1) é aquela que apresenta as alternativas “ $a_i$ ”,  $i=1, \dots, n$ , com relação aos “ $n$ ” critérios de avaliação, auxiliando a tomada de decisão.

De acordo com Dias e Clímaco (2005), os critérios de avaliação das alternativas representam a especificação dos objetivos em termos das características e qualidades do problema, e são avaliados através de medidas adequadas de desempenho e soluções de planejamento.

**Quadro 4.1 – Matriz de Avaliação**

Alternativas	Critérios					
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	.....	$x_n$
$a_1$	$f_1(x_1)$	$f_1(x_2)$	$f_1(x_3)$	$f_1(x_4)$	.....	$f_1(x_n)$
$a_2$	$f_2(x_1)$	$f_2(x_2)$	$f_2(x_3)$	$f_2(x_4)$	.....	$f_2(x_n)$
$a_3$	$f_3(x_1)$	$f_3(x_2)$	$f_3(x_3)$	$f_3(x_4)$	.....	$f_3(x_n)$
$a_4$	$f_4(x_1)$	$f_4(x_2)$	$f_4(x_3)$	$f_4(x_4)$	.....	$f_4(x_n)$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$a_m$	$f_m(x_1)$	$f_m(x_2)$	$f_m(x_3)$	$f_m(x_4)$	.....	$f_m(x_n)$

Para o estudo do problema proposto foi elaborado um conjunto de critérios na avaliação da alocação de água para os usuários do trecho 2 do Sistema Curema -Açu apresentado na Figura 4.1, e que, também considera os diferentes atores no processo decisório. Neste processo, agruparam-se os critérios em duas categorias: Primeiro os propostos neste trabalho, onde tomou-se como base o banco de dados da ANA, através do CNARH, cujos critérios são: técnico, econômico, social e ambiental. Suas importâncias, representadas por pesos, foram avaliadas por (decisores) especialistas de recursos hídricos, em seguida apresentam-se os critérios observados pelo modelo de Kelman (2000), que contemplam os seguintes critérios: Cronológico, Lei da Selva e Custo de Oportunidade.



**Figura 4.1 – Fluxograma de definição dos critérios de avaliação.**

A Figura 4.1 mostra os 4 critérios que foram utilizados neste trabalho, onde a partir destes, com a utilização do VIP Analysis, serão geradas as ordenações dos usuários. A seguir será apresentada a definição e forma de avaliação de cada critério.

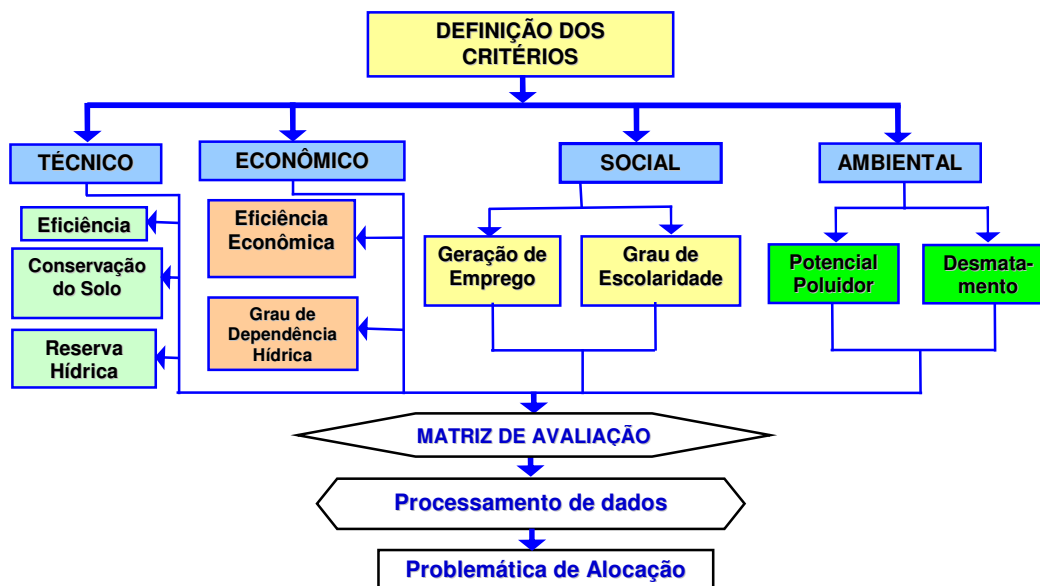
## 4.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os métodos de apoio multicritério à decisão têm como princípio buscar o estabelecimento de uma relação de preferências (subjetivas) entre as alternativas que estão sendo avaliadas sob a influência de vários critérios, no processo de decisão (Braga et al, 2002).

Segundo Garcia *et al.* (2007), a tomada de decisões em sistemas de recursos hídricos exige que sejam considerados aspectos hidrológicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais, mutáveis no tempo e associados a incertezas de difícil mensuração. Baseado nisso, foram definidos e utilizados, neste trabalho, alguns critérios que tiveram mais disponibilidade de dados e representatividade dos problemas da região de estudo. Estes foram classificados em critérios técnico-operacionais, econômicos, sociais e ambientais, no sentido a estruturar/sistematizar a análise para auxiliar a tomada de decisão na alocação de água, na bacia em estudo. O propósito visa garantir que a outorga da água seja concedida segundo a maximização de funções de utilidade, associadas os critérios, de

acordo com as preferências de decisores, a fim de promover o melhor uso da água, enquanto se busca minimizar os conflitos potenciais.

Para melhor estruturar o problema os critérios foram subdivididos em sub-critérios (Figura 4.2), ou seja, adotou-se uma estrutura hierárquica para análise do sistema. A idéia por trás desta hierarquização está na forma de quantificá-los ou qualificá-los de forma a separar opiniões técnicas (fornecidas pelos decisores) e não técnicas. Desta forma, a preferência relativa dos decisores poderá ser expressa em dois níveis: um técnico (segundo certa lógica quando analisado a nível de atributos dos subcritérios) e outro mais subjetivo (que poderá expressar possíveis preferências dos decisores com relação aos critérios quando efetuada uma análise de sensibilidade, conforme será descrito posteriormente).



**Figura 4.2 – Estrutura hierárquica para o sistema.**

#### 4.2.1 Critérios atribuídos por Kelman (2000)

Os três primeiros critérios correspondem aos apresentados por Kelman (2000), Anexo 4.4: Lei da Selva Hídrica, Conológico e o Custo de Oportunidade. Estes são ilustrados na Tabela 4.1, onde mostra um exemplo com 4 (quatro) usuários fictícios que captam água em um trecho de rio, que é suprido por um reservatório de montante com relevante capacidade de regularização.

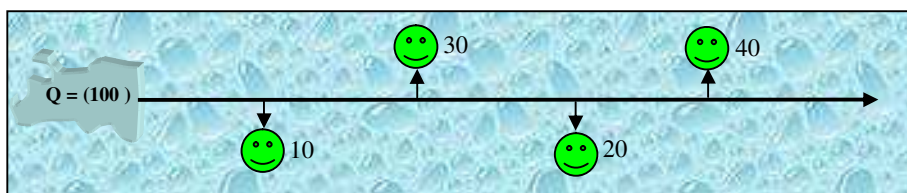
**Tabela 4.1 - Dados de 4 usuários de água do modelo de Kelman (2000).**

Usuários / Critérios	Kelman (2000)			
	Demandas (u.v)	Lei da Selva	Cronológico	Custo de Oportunidade (R\$)
1	10	1	2006	2
2	30	2	2004	5
3	20	3	2005	3
4	40	4	2007	4
Total	100	-	-	-

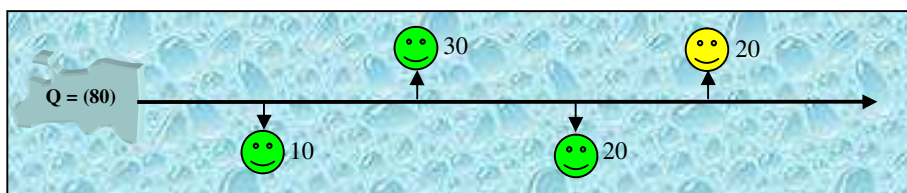
u.v = unidade volumétrica

#### 4.2.1.1 Lei da Selva Hídrica

Na Lei da Selva Hídrica a probabilidade de racionamento, é crescente no sentido de montante para jusante, considerando um determinado açude regularizando um trecho de rio. Observa-se que quando a situação é favorável aos usuá rios, onde  $Q = d$  (oferta  $Q$  (u.v) é igual a demanda  $d$  (u.v)) todos ficam satisfeitos (Figura 4.3), mas em uma situação de escassez hídrica onde a oferta é menor que a demanda,  $Q < d$ , nem todos os usuá rios ficam satisfeitos. Observando a Tabela 4.1, a situação acontecerá conforme mostra a Figura 4.4.



**Figura 4.3 – Situação onde  $Q = d$ .**



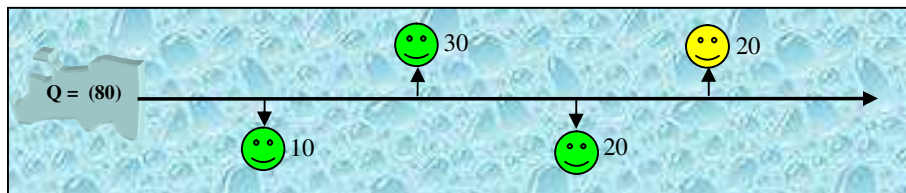
**Figura 4.4 – Situação de escassez hídrica  $Q < d$ .**

#### 4.2.1.2 Prioridade cronológica

Neste caso, quanto mais antiga a outorga, maior será sua prioridade de uso. Este sistema apresenta a vantagem dos próprios usuá rios realizarem seu controle, pois se não houver água disponível para um usuá rio, um outro com outorga mais recente jamais poderá estar utilizando a água. Neste método a probabilidade de racionamento é crescente no sentido das outorgas mais antigas para as mais recentes. Observa-se na Tabela 4.1, que o



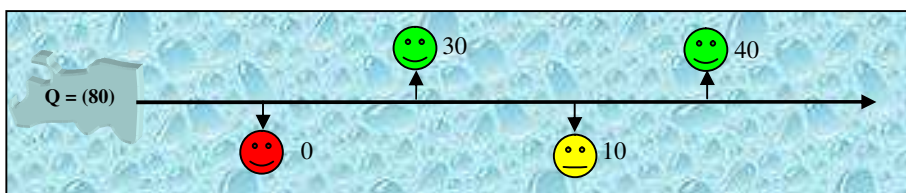
usuário 2 possui a outorga com data mais antiga, seguido dos usuários 3, 1 e 4 respectivamente, conforme mostra a (Figura 4.5).



**Figura 4.5 – Exemplo de distribuição de água pela ordem cronológica ( $Q < d$ )**

#### 4.2.1.3 Custo de Oportunidade

Neste sistema, a prioridade de acesso à água é estabelecida de acordo com o custo de oportunidade. Observa-se na Tabela 4.1 que a ordem de prioridade, para este caso é a seguinte: o primeiro usuário ao receber a água é o usuário 2, seguidos pelos usuários 4, 3 e 1, respectivamente, conforme mostra a Figura 4.6.



**Figura 4.6 – Exemplo de distribuição de água pela ordem cronológica ( $Q < d$ )**

#### 4.2.2 Critérios e sub-critérios atribuídos de acordo com a metodologia proposta

Para cada critério e sub-critério apresentados a seguir, é importante observar que foi obtida uma avaliação em escala cardinal e em alguns casos utilizou-se uma escala verbal (oral). Este foi um dos requisitos necessários para a utilização do método aplicado, pois alimentará uma Matriz de Avaliação com os dados obtidos através de informações contidas no banco de dados do CNARH disponibilizado pela ANA e outras informações obtidas diretamente com os usuários. As informações contidas no referido banco de dados são aquelas que estão relacionadas aos principais problemas existentes na área de estudo. O Anexo 4.1 mostra as características técnicas dos usuários. Nesse sentido classificou-se os critérios em técnicos, econômicos, sociais e ambientais para gerar cenários e estabelecer prioridades para alocação da água entre os usuários.

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 possuem maior grau de escolaridade, utilizarem uma forma de agricultura mais eficiente, não praticarem desmatamento desordenado, possuem reserva hídrica, conservarem o solo, etc.

#### 4.2.2.1 Critérios técnicos

- *Sub-critério 1 – Eficiência*

Para uma melhor distribuição da água em qualquer país ou região adota-se e recomenda-se a utilização de irrigação através de sistemas eficientes, especialmente nas regiões semi-áridas, onde o recurso hídrico é limitado e escasso. Neste critério estabeleceu-se uma nota variando na escala de (0,00 – 1,00), onde para o estabelecimento dos valores da eficiência a serem adotados na Matriz de Avaliação por cada usuário, foram considerados os aspectos para a eficiência final, a saber: a área irrigada (a) e a eficiência (s) com base no sistema de irrigação utilizado em cada área, conforme mostra a equação 4.2.

Para os sistemas de irrigação utilizados na área de estudo, foram atribuídos os pesos segundo sua eficiência de acordo com Gomes (1999). As eficiências do sistema de aplicação estão de acordo com a Resolução nº 687 da Agência Nacional de Águas (ANA, 2004), a saber: Gotejamento (0,90), micro aspersão (0,90), aspersão (0,65), canhão (0,65), inundação (0,40) e sulco (0,40).

$$Ef = \left[ \frac{(a_1 * s_1) + (a_2 * s_2) + \dots + (a_n * s_n)}{A_T} \right] \quad (4.2)$$

Onde:

Ef = Eficiência final

$a_i$  = Área irrigada i

$A_T$  = Área irrigada total

$s_i$  = Eficiência de irrigação i aplicada na área i

- *Sub-critério 2 – Conservação de solo*

Este critério foi para avaliar o tipo de solo que esteja mais conservado para uso na agricultura, uma vez que a degradação ambiental no Brasil atingiu níveis críticos, impondo elevados custos à sociedade, pela grande perda de solos agricultáveis através da erosão, causando a redução da capacidade produtiva do solo, o assoreamento dos cursos d'água e represas e, conseqüentemente, o empobrecimento do produtor rural, com reflexos negativos para a economia nacional. Para tanto, as ações voltadas para o uso racional e manejo adequado do solo, visam promover uma agricultura sustentável e, com isso, aumentar a oferta de alimentos e melhorar os níveis de emprego e renda no meio rural.

Para o estabelecimento deste critério baseou-se em notas variando na escala de (0,00 – 1,00) as quais foram atribuídas de acordo com sua conservação, a saber: solo muito bem conservado, aquele onde existe um manejo adequado, ou seja, não apresenta nenhum valor expressivo para a salinidade e erosão (1,00); solo conservado, aquele onde já apresenta um valor de salinidade não relevante (0,75); solo com aparência regular de conservação, apresentando pequenos valores de salinidade e início de erosão (0,50) e, por último, a menor nota foi atribuída para o solo onde o manejo é inadequado e com características de grandes valores para a salinidade e erosão (0,25).

- *Sub-critério 3 – Reserva Hídrica*

Sabe-se que nas regiões semi-áridas existe escassez de recursos hídricos, principalmente na área de estudo, onde há um único reservatório que regulariza o Sistema Curema-Açu, na maioria dos meses do ano, seu volume apresenta-se com capacidade relevante de regularização. Assim os usuários deste sistema precisam de uma reserva de água para garantir uma possível irrigação de “salvação” de suas culturas. Neste caso foi considerado o ponto de vista hidrológico de cada usuário, para fins de obtenção de água como reserva hídrica.

A reserva hídrica considerada foi tanto superficial (açudes) como subterrânea (poços tubulares e amazonas). Foi estabelecida uma escala de notas variando entre (0,00 e 1,00), sendo a maior nota dada àquele que tiver uma maior reserva hídrica, suprimindo no

mínimo 80% de sua demanda, e a menor nota ficou estabelecida para o usuário que não possui nenhuma reserva hídrica.

As notas foram atribuídas da seguinte maneira: para o usuário sem nenhuma reserva hídrica (0,25); para aquele que tenha uma pequena reserva hídrica com capacidade de atender sua demanda em, no mínimo, 20% a nota atribuída foi de (0,50); para o usuário que tenha uma razoável reserva hídrica com capacidade de atender sua demanda em, no mínimo, 40% a nota atribuída será (0,75) e para o usuário que possui boa reserva hídrica com capacidade de suprir sua demanda em, no mínimo, 80% a nota atribuída foi a máxima (1,00)

#### 4.2.2.2 Critérios Econômicos

A análise econômica tem por objetivo avaliar os aspectos econômicos desenvolvidos na região de acordo com a disponibilidade de água entre os usuários e as culturas exploradas.

- *Sub-critério 4 – Eficiência Econômica*

Este critério tem como finalidade avaliar a eficiência econômica (Ee) de cada usuário em função do Rendimento Bruto (Rb) fornecido pelo Manual de Orçamento Agropecuário do Banco do Nordeste S/A (2006) – apresentado no Anexo 4.2, e do volume anual (Va) em (m<sup>3</sup>) de água disponível para irrigação que foi adquirido do CNARH. Para este caso utilizou-se uma escala de (0,00 a 1,00) na apresentação dos resultados. Portanto, a Eficiência econômica (Ee), em (US\$/m<sup>3</sup>) é dada pela Equação 4.3.

$$Ee = \left( \frac{Rb}{Va} \right) \quad (4.3)$$

onde,

*Rb* – renda bruta anual

*Va* – Volume anual disponível para o usuário

- *Sub-critério 5 - GDH (Grau de Dependência Hídrica)*

Antes de decidir irrigar, deve-se levar em consideração diversos fatores, entre os quais a quantidade e distribuição da chuva, o efeito da irrigação na produção, a necessidade

de água das culturas e a qualidade e disponibilidade de água da fonte. O fator mais importante, que determina a necessidade de irrigação de uma cultura em uma região, é a quantidade e a distribuição das chuvas, quando comparada aos requerimentos hídricos da cultura. Por outro lado, muitos agricultores, motivados pelo modismo ou impulsionados pela pressão comercial e facilidade de crédito, adquirem sistemas de irrigação, sem mesmo verificar se a cultura a ser irrigada necessita ou responde à irrigação ou se a fonte de água de que dispõem é suficiente para atender à necessidade hídrica da cultura.

Para o cálculo estimado do Grau de Dependência Hídrica – GDH considerou-se a área irrigada, o limite inferior do requerimento hídrico tolerável das culturas em termos percentuais e a fração de água adotada do ano na atividade agrícola, os quais foram utilizados na Equação 4.4. Para o estabelecimento deste critério calculou-se um GDH, estabelecendo uma escala de notas variando de (0,00 – 1,00), considerando o valor 1,00 para o maior Grau de Dependência Hídrica.

Para todas as culturas, neste estudo, foram adotados valores para estimar o GDH, conforme a Equação 4.4. Portanto adotou-se 70% (setenta por cento) para o limite inferior do requerimento hídrico tolerável e para os valores da fração do ano de acordo com as culturas exploradas na região: culturas permanentes (1,00) e culturas sazonais (0,4).

$$GDH = \left( \frac{\sum_{i=1}^n a_i * l_i * fa_i}{A_T} \right) \quad (4.4)$$

Onde:

$a_i$  = Área irrigada  $i$  com uma cultura  $i$

$l_i$  = Limite inferior do requerimento hídrico tolerável (%) da cultura  $i$

$fa_i$  = Fração de água adotada anualmente para a cultura  $i$

$A_T$  = Área Total irrigada

#### 4.3.2.3 Critérios Sociais

O impacto social para os usuários da água é de estimação complexa. Neste contexto, foram considerados para a análise social os aspectos da região do ponto de vista social. A definição dos critérios sociais envolveu especialistas de serviço social para avaliação das alternativas.

- *Sub-critério 6 – Geração de emprego*

Sabe-se que, na região de estudo, a maioria dos usuários cadastrados consiste dos membros da família no trabalho da agricultura irrigada. Neste caso, trata-se de um sistema de agricultura familiar. No entanto, a finalidade deste critério é de avaliar o número de pessoas de cada família que estão desenvolvendo atividade agrícola. Para avaliação das alternativas de alocação foi estabelecida uma escala de notas entre (0,00 e 1,00), sendo a nota máxima dada para a alternativa em que apresentasse a família com maior número de pessoas envolvidas na agricultura irrigada.

- *Sub-critério 7 – Grau de Escolaridade*

A escolaridade, ao contrário do que alguns afirmam, não é uma forma de expulsão compulsória dos agricultores do campo. Na região nordeste e principalmente na área de estudo, os agricultores mais velhos geralmente são os mais pobres, talvez por falta de oportunidade de estudar e, portanto, não foi possível empregar tecnologias mais modernas que tornassem seu trabalho mais rentável. O que precisa em nosso país é de uma política onde a educação seja considerada como prioridade, pois uma boa educação pode garantir a permanência dos mais jovens no meio rural, uma vez que muitos produtores, aqueles com melhor nível de escolaridade, são capazes de encontrar na agricultura uma opção rentável de trabalho.

Não é apenas a extensão de terra que importa para o bem-estar do agricultor, mas também a possibilidade de vencer a ignorância e desfrutar de benefícios que tornem a vida e o trabalho menos penoso.

Este critério tem por finalidade avaliar o grau de escolaridade do chefe de família dos usuários de água, procurando valorizar o agricultor que tem um maior grau de escolaridade, isso poderá ser uma forma de abolir com o analfabetismo na região. No entanto utilizou-se uma escala verbal (oral) com avaliação para os seguintes graus de escolaridades e pesos: Analfabeto (peso 0,25); 1º Grau incompleto (peso 0,50); 1º Grau completo (peso 0,75); Acima de 2º Grau (peso 1,00).

#### 4.2.2.4 Critérios Ambientais

A situação do meio ambiente no globo, principalmente na região de estudo, nos desafia a preservar os recursos naturais e, ao mesmo tempo, possibilitar um desenvolvimento social justo, permitindo que a sociedade humana atinja uma melhor qualidade de vida em todos os aspectos. A necessidade de consolidar novos modelos de desenvolvimento sustentável no país exige a construção de alternativas de utilização dos recursos, orientada por uma racionalidade ambiental e uma ética da solidariedade.

A preservação ambiental envolve diversas questões, como conscientização sobre a natureza, manutenção dos recursos naturais e melhoria da qualidade de vida no meio rural. Tem-se procurado resolver alguns problemas como, o que fazer para reduzir o lixo, o desmatamento e a poluição que vêm degradando o meio ambiente. Cabe ressaltar que a preservação efetiva do ambiente natural só irá realmente acontecer com a aplicação prática de leis como o Ato Declaratório Ambiental. Para isso, a conscientização e a participação do proprietário rural são fundamentais, a fim de se materializar ações que realmente irão garantir a manutenção dos ecossistemas e recursos naturais remanescentes.

Para a área de estudo, que é uma região onde a maioria dos usuários de água reside no local, qualquer alteração que o meio ambiente sofra imediatamente provoca reflexos na vida dos usuários. No entanto, este impacto deve ser amenizado o máximo possível.

- *Sub-critério 8 – Potencial Poluidor*

Sabe-se que o uso de defensivos químicos e de fertilizantes na agricultura irrigada contribui para a degradação ambiental. Novas metodologias, como a utilização de agricultura orgânica, poderão contribuir para a melhoria da qualidade de vida do nosso país. Nesse sentido, para esse critério considerou-se uma escala com 4 níveis de avaliação com relação ao uso da água: considera-se como nenhum impacto o usuário de irrigação utilizando agricultura orgânica (peso 1,00); usuário de piscicultura ( peso 0,75); usuário de agricultura não orgânica (peso 0,50) e usuário de irrigação e piscicultura (peso 0,25). Observa-se que no trecho em estudo não existe nenhuma indústria.

- *Sub-critério 9 – Desmatamento*

Do ponto de vista ambiental, não obstante as incertezas de mensuração, as poucas evidências disponíveis indicam que os custos dos desmatamentos podem ser significativos, superando inclusive os demais benefícios inseridos na bacia, sobretudo quando se consideram as incertezas associadas às perdas irreversíveis de um patrimônio genético e ambiental pouco conhecido. Nesse sentido, atividade como o manejo florestal sustentável seria considerado superior do ponto de vista social e ambiental.

Neste critério, foi considerado o impacto causado ao meio ambiente local em termos da fração de desmatamento da mata ciliar no lote de cada proprietário, ou seja, considerando o nível de desmatamento para cada usuário. Utilizou-se, neste caso, uma escala verbal (oral), considerando 4 níveis de desmatamento com seus pesos respectivos para o desmatamento: altíssimo (peso 0,25); alto (peso 0,50); médio (peso 0,75) e baixo (peso 1,00). Considera-se, portanto, peso máximo ao usuário que tiver menor nível no desmatamento.

### **4.3 ALIMENTAÇÃO DO VIP ANALYSIS**

Neste estudo, o método VIP Analysis foi alimentado através de duas etapas: primeiro a partir de uma matriz de avaliação, a qual foi gerada a partir dos critérios dos quais são inseridos valores numéricos e em seguida com os valores dos pesos e ordenamento dos critérios pelas constantes de escala (k).

#### **4.3.1 Matriz de Avaliação Normalizada**

A entrada de dados, nesta etapa, é composta através de uma matriz de decisão ou avaliação, que neste estudo será alimentada com os valores calculados a partir das informações contidas no banco de dados do CNARH.

Para utilizar o programa VIP Analysis, deve-se transformar todos os critérios mencionados em uma escala numérica de modo que se tenham valores no intervalo entre zero e um (0 – 1), o que pode ser feito também para as escalas cardinais utilizadas no exemplo, conforme mostra a Figura 4.7.



Criteria:	Crit_1	Crit_2	Crit_3	Crit_4	Crit_5	Crit_6	Crit_7	Crit_8	Crit_9	Crit1n
Importance:										
a_1	0.58	0.25	1	0.158	0.36	0.28	0.25	1	0.75	0.1
a_2	0.57	1	0.5	0.317	0.53	0.16	0.5	0.75	1	1
a_3	0.7	0.75	0.25	0.198	0.42	0.25	0.75	0.5	0.25	0.3
a_4	0.86	0.5	0.75	0.163	0.28	0.19	1	0.25	0.5	0.6
a_n	0.1	0.7	1	0.23	1	0.26	0.5	0.25	1	0.34

**Figura 4.7 – Matriz de Avaliação normalizada no VIP Analysis.**

### 4.3.2 Definição dos Pesos e Constantes de Escala

Os pesos representam numericamente a importância relativa que cada critério e sub-critério possuem. Como foi visto no início deste capítulo, a grande maioria dos métodos multicritérios utilizados para ordenação das alternativas não levam em consideração os pesos/preferências para os critérios e sub -critérios e possuem limitações quanto ao número de decisores, pois consideram somente um decisor. Diante disto, será utilizado neste estudo o software VIP Analysis, o qual possui vantagem em relação aos demais suprindo estas limitações, pois além de trabalhar com vários decisores, permite também trabalhar com incertezas nos pesos, os quais não precisam ter valores numéricos fixos. Neste caso, utilizaram-se os pesos na ordenação dos critérios com  $k_1 > k_2 > \dots > k_n$  e aplicando diretamente os valores de  $k_1, k_2, \dots, k_n$ .

Para determinar as constantes de escala ( $k$ ) dos decisores que serão alimentados no VIP Analysis neste estudo, serão utilizados os pesos que representam, numericamente, a importância, relativa que cada critério e sub-critério possuem. Foram atribuídos de forma hierárquica, em dois níveis de importância, Critérios e Sub-critérios, que estão mostrados no Quadro 4.2.

**Quadro 4.2 - Critérios e sub-critérios utilizados no método Multicritério .**

Técnico			Econômico		Social		Ambiental	
K I			K II		K III		K IV	
Eficiência	Conservação do solo	Reserva hídrica	Efic. Econômica	Grau de Dependência Hídrica	Geração de emprego	Grau de Escolaridade	Potencial Poluidor	Desmatamento
k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9

Efc.= Eficiência

Tem-se como meta propor o uso do método VIP Analysis, na geração de cenários para alocação de água através de análises hierárquicas e multi-decisor. Neste sentido, apresenta-se a seguir três métodos para aplicação de análise hierárquica a partir do VIP Analysis, onde a partir de cada método serão geradas ordenações de prioridades para 7 decisores.

A partir de um questionário (Anexo 3), aplicado a vários especialistas dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, que são funcionários de diversos órgãos Federais e Estaduais, tais como ANA, DNOCS, AESA, foram obtidos os pesos (em percentual), ou grau de preferência, para cada critério e sub-critério, conforme são mostrados nas Tabelas 4.2 e 4.3. A Tabela 4.2 mostra o grau de preferência para os critérios técnico, econômico, social e ambiental e a Tabela 4.3 demonstra o grau de preferência para cada um dos 9 (nove) sub-critérios (Eficiência, Conservação do solo, Reserva hídrica, Eficiência econômica, Grau de dependência hídrica, Geração de emprego, Grau de escolaridade, Potencial poluidor e Desmatamento). Este procedimento leva os decisores a estruturarem e analisarem o problema sem que, inconscientemente, haja supervalorização de um critério através do aumento de sua importância quando da inserção de mais de um critério de mesma natureza.

**Tabela 4.2 - Pesos atribuídos aos critérios em (%).**

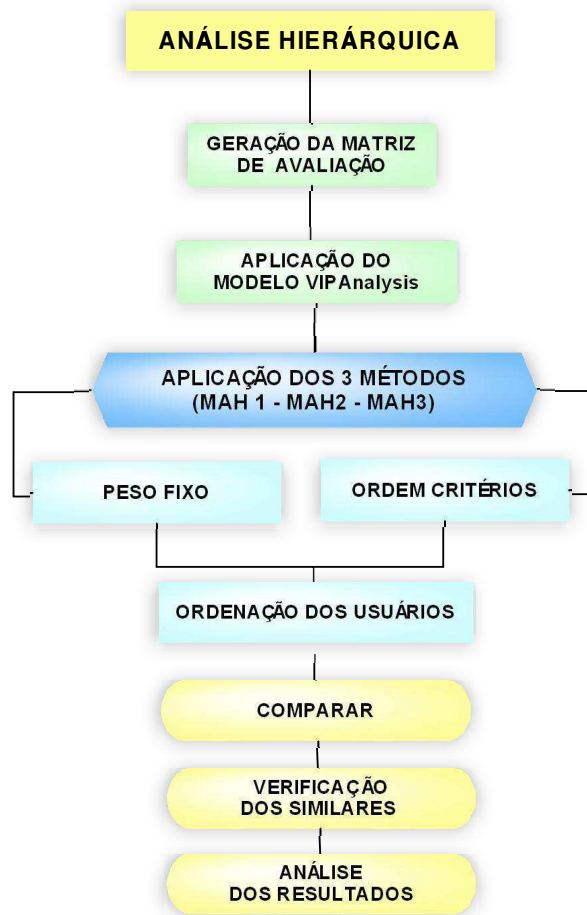
Decisores / Critérios	Técnico	Econômico	Social	Ambiental	TOTAL (%)
Decisor 1	15	25	20	40	100
Decisor 2	10	20	40	30	100
Decisor 3	20	15	30	35	100
Decisor 4	20	45	10	25	100
Decisor 5	35	15	20	30	100
Decisor 6	20	30	40	10	100

**Tabela 4.3 – Pesos atribuídos aos sub-critérios (%)**

Decisor / sub-critério	Eficiência	Conser- vação do Solo	Reserva hídrica	Eficiência econômi- ca	Grau de dependên- cia hídrica	Geração de emprego	Grau de escolaridade	Potencial poluidor	Desma- tamento
	k 1	k 2	k 3	k 4	k 5	k 6	k 7	k 8	k 9
Decisor 1	20	70	10	70	30	40	60	70	30
Decisor 2	70	10	20	60	40	70	30	65	35
Decisor 3	20	50	30	40	60	70	30	70	30
Decisor 4	40	50	10	70	30	65	45	40	60
Decisor 5	40	35	25	45	55	40	60	45	55
Decisor 6	20	70	10	20	80	20	80	20	80
Decisor 7	70	20	10	70	30	45	55	55	45

#### 4.3.2.1 Análises Hierárquicas e Estabelecimentos de Métodos

Como o VIP Analysis trabalha apenas com um nível hierárquico, o problema está em determinar qual o peso final a ser atribuído a cada critério/sub-critério. Dentro deste contexto, serão utilizados três métodos para atribuir pesos aos critério/subcritérios a fim de estabelecer a ordenação das alternativas, conforme mostra a Figura 4.8.



**Figura 4.8 – Fluxograma da metodologia para realização da análise hierárquica**

A hierarquia pode ser definida como um sistema de níveis estratificados, cada um consistindo de tantos elementos ou fatores (critérios). É, também, uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais (função utilidade associada a cada critério) de seus componentes (critérios), as forças (preferências) e seus impactos no sistema total (alternativas). Para tanto, a hierarquia pode ser construída em vários níveis desejados, podendo fixar um critério no primeiro nível, a definição de sub-critérios no segundo nível, e assim por diante. A hierarquia pode tomar várias formas inter-

relacionadas e serem expressas em termos de forças (preferências) que afetam os mesmos, das pessoas e, então, das suas políticas. Com isso, pode -se descer às estratégias (processo de escolha) e, finalmente, aos resultados (avaliação das alternativas) que advém de tais estratégias.

O problema, portanto, está em transformar as preferências dos decisores obtidas de forma hierárquica, para os critérios e sub-critérios, em preferências globais para cada um dos sub-critérios. Dentro deste contexto foram elaboradas e analisadas três formas de conversão, definidas a seguir como métodos MAH1, MAH2 e MAH3, as quais definirão as ordenações dos critérios em termos de preferências dos decisores que serão utilizados no VIP Analysis para geração de cenários decisórios de alocação de água.

#### **4.3.2.1.1 Método de Análise Hierárquica 1 – MAH 1**

Neste método será estabelecida uma ordenação de prioridades com os pesos reais fornecidos por cada decisor. A ordenação das preferências de cada decisor será feita primeiro com os critérios, em seguida para os sub-critérios, onde serão obedecidas as ordens dos seus respectivos critérios.

##### **Ordenação para os Critérios**

A partir da Tabela 4.2, onde são mostrados os pesos atribuídos para os critérios, foram estabelecidas as ordenações das preferências dos decisores para os critérios. A seguir apresenta-se como foi obtida a ordenação de preferência de cada decisor, e em seguida, no Quadro 4.3 está um resumo com a ordenação.

**Decisor 1** – Ordenação dos critérios: primeiro tem -se o critério ambiental, seguido pelos critérios econômico, social e técnico.

**AMBIENTAL → ECONÔMICO → SOCIAL → TÉCNICO**

**Decisor 2** – Ordenação dos critérios: primeiro tem -se o critério social, seguido pelos critérios ambiental, econômico e técnico.

**SOCIAL → AMBIENTAL → ECONÔMICO → TÉCNICO**

**Decisor 3** – Ordenação dos critérios: primeiro tem -se o critério ambiental, seguido pelos critérios social, técnico e econômico.

**AMBIENTAL → SOCIAL → TÉCNICO → ECONÔMICO**

**Decisor 4** – Ordenação dos critérios: primeiro tem -se o critério econômico, seguido pelos critérios ambiental, técnico e social.

**ECONÔMICO → AMBIENTAL → TÉCNICO → SOCIAL**

**Decisor 5** – Ordenação dos critérios: primeiro tem -se o critério técnico seguido pelos critérios ambiental, social, e econômico.

**TÉCNICO → AMBIENTAL → SOCIAL → ECONÔMICO**

**Decisor 6** – Ordenação dos critérios: primeiro tem -se o critério social seguido pelos critérios econômico, técnico e ambiental.

**SOCIAL → ECONÔMICO → TÉCNICO → AMBIENTAL**

**Decisor 7** – Ordenação dos critérios: primeiro tem -se o critério social seguido pelos critérios econômico, ambiental e técnico.

**SOCIAL → ECONÔMICO → AMBIENTAL → TÉCNICO**

**Quadro 4.3 – Ordenação de preferência dos decisores para os critérios.**

Decisores	ORDENAÇÃO DOS CRITÉRIOS			
	1	Ambiental	Econômico	Social
2	Social	Ambiental	Econômico	Técnico
3	Ambiental	Social	Técnico	Econômico
4	Econômico	Ambiental	Técnico	social
5	Técnico	Ambiental	Social	Econômico
6	Social	Econômico	Técnico	Ambiental
7	Social	Econômico	Ambiental	Técnico

**Ordenação para os sub critérios**

A partir do Quadro 4.3 que mostra a definição das ordenações dos decisores para os critérios e da Tabela 4.3, na qual são apresentados os valores dos pesos fornecidos pelos decisores para cada respectivo sub-critério, serão estabelecidas às ordenações de

preferências para cada decisor. A seguir apresenta-se o resultado da ordem de preferências de cada decisor e o Quadro 4.4 apresenta um resumo com as ordenações finais.

**Decisor 1** – Ordenação dos sub-critérios: primeiro tem-se potencial poluidor, seguido pelo desmatamento, eficiência econômica, Grau de dependência hídrica, grau de escolaridade, geração de emprego, conservação do solo, eficiência e reserva hídrica.

$$\mathbf{k8 > k9 > k4 > k5 > k7 > k6 > k2 > k1 > k3}$$

**Decisor 2** – Ordenação dos sub-critérios: primeiro tem-se geração de emprego, seguido por grau de escolaridade, potencial poluidor, desmatamento, eficiência econômica GDH, eficiência, reserva hídrica e conservação do solo.

$$\mathbf{k6 > k7 > k8 > k9 > k4 > k5 > k1 > k3 > k2}$$

**Decisor 3** –. Ordenação dos sub-critérios: primeiro tem-se potencial poluidor, seguido pelo desmatamento, geração de emprego, grau de escolaridade, conservação do solo, reserva hídrica, eficiência, GDH e eficiência econômica.

$$\mathbf{k8 > k9 > k6 > k7 > k2 > k3 > k1 > k5 > k4}$$

**Decisor 4** –. Ordenação dos sub-critérios: primeiro tem-se o eficiência econômica seguido pelo GDH, desmatamento, potencial poluidor, conservação do solo, eficiência, reserva hídrica, geração de emprego e grau de escolaridade.

$$\mathbf{k4 > k5 > k9 > k8 > k2 > k1 > k3 > k6 > k7}$$

**Decisor 5** –. Ordenação dos sub-critérios: primeiro tem-se a eficiência seguida pela conservação do solo, reserva hídrica, desmatamento, potencial poluidor, grau de escolaridade, geração de emprego, GDH e o eficiência econômica.

$$\mathbf{k1 > k2 > k3 > k9 > k8 > k7 > k6 > k5 > k4}$$

**Decisor 6** – Ordenação dos sub-critérios: primeiro tem-se o grau de escolaridade seguido pela geração de emprego, GDH, eficiência econômica, conservação do solo, eficiência, reserva hídrica, desmatamento e potencial poluidor.

$$\mathbf{k7 > k6 > k5 > k4 > k2 > k1 > k3 > k9 > k8}$$

**Decisor 7** – Ordenação dos sub-critérios: primeiro tem-se o potencial poluidor seguido pelo desmatamento, eficiência, conservação do solo, reserva hídrica, eficiência econômica, GDH, grau de escolaridade e geração de emprego.

$$k8 > k9 > k1 > k2 > k3 > k4 > k5 > k7 > k6$$

**Quadro 4.4 – Ordenações das preferências – Método (MAH 1).**

DECISORES	ORDENAÇÃO DOS SUB-CRITÉRIOS								
	1	Ambiental		Econômico		Social		Técnico	
k8		k9	k4	K5	k7	k6	k2	k1	k3
<b>k8 &gt; k9 &gt; k4 &gt; K5 &gt; k7 &gt; k6 &gt; k2 &gt; k1 &gt; k3</b>									
2	Social		Ambiental		Econômico		Técnico		
	k6	k7	k8	k9	k4	K5	k1	k3	k2
<b>k6 &gt; k7 &gt; k8 &gt; k9 &gt; k4 &gt; k5 &gt; k1 &gt; k3 &gt; k2</b>									
3	Ambiental		Social		Técnico			Econômico	
	k8	k9	k6	k7	k2	k3	k1	K5	k4
<b>k8 &gt; k9 &gt; k6 &gt; k7 &gt; k2 &gt; k3 &gt; k1 &gt; k5 &gt; k4</b>									
4	Econômico		Ambiental		Técnico			social	
	k4	K5	k9	k8	k2	k1	k3	k6	k7
<b>k4 &gt; k5 &gt; k9 &gt; k8 &gt; k2 &gt; k1 &gt; k3 &gt; k6 &gt; k7</b>									
5	Técnico		Ambiental		Social		Econômico		
	k1	k2	k3	k9	k8	k7	k6	K5	k4
<b>k1 &gt; k2 &gt; k3 &gt; k9 &gt; k8 &gt; k7 &gt; k6 &gt; k5 &gt; k4</b>									
6	Social		Econômico		Técnico			Ambiental	
	k7	k6	K5	k4	k2	k1	k3	k9	k8
<b>k7 &gt; k6 &gt; k5 &gt; k4 &gt; k2 &gt; k1 &gt; k3 &gt; k9 &gt; k8</b>									
7	Ambiental		Técnico			Econômico		Social	
	k8	k9	k1	k2	k3	k4	K5	k7	k6
<b>k8 &gt; k9 &gt; k1 &gt; k2 &gt; k3 &gt; k4 &gt; k5 &gt; k7 &gt; k6</b>									

#### 4.3.2.1.2 Método de Análise Hierárquica 2 – MAH 2

Neste método será aplicada uma equação para ponderação dos pesos dos sub-critérios, dos quais serão geradas novas ordenações das preferências dos decisores para os respectivos sub-critérios.

Para aplicação deste método utilizou-se a Equação 4.4, onde multiplicaram-se os pesos percentuais dos critérios ( $x$ ), da Tabela 4.2, pelos pesos de seus respectivos sub-critérios ( $X$ ), da Tabela 4.3, gerando os novos pesos ponderados para cada sub-critério, conforme mostra a Tabela 4.4. A nova ordenação, obtida de acordo com o método MAH2, pode ser observada no Quadro 4.5. Observa-se, ainda, que existe, agora, uma mistura na seqüência dos critérios.

$$Pp_{ij} = \left( \frac{x_i * X_{ij}}{100} \right) (\%) \quad (4.4)$$

Onde:

$Pp_{ij}$  – Peso ponderado do sub-critério j do critério i

$x_i$  – Peso do critério i

$X_{ij}$  = Peso do sub-critério j do critério i

**Tabela 4.4 - Peso final do sub-critério - Método (MAH 2).**

Alternativas / Critérios	Técnico			Econômico		Social		Ambiental	
	Eficiência	Conser- vação do Solo	Reserva hídrica	Efic. Econô- mica	Grau de Dependên- cia Hídrica	Geração de emprego	Grau de Escola- ridade	Potencial Poluidor	Desmata- mento
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
Dec 1	3,00	10,50	1,50	17,50	7,50	8,00	12,00	28,00	12,00
Dec 2	7,00	1,00	2,00	12,00	8,00	28,00	12,00	19,50	10,50
Dec 3	4,00	10,00	6,00	6,00	9,00	21,00	9,00	24,50	10,50
Dec 4	8,00	10,00	2,00	31,50	13,50	6,50	4,50	10,00	15,00
Dec 5	14,00	12,25	8,75	6,75	8,25	8,00	12,00	13,50	16,50
Dec 6	4,00	14,00	2,00	6,00	24,00	8,00	32,00	2,00	8,00
Dec 7	10,50	3,00	1,50	17,50	7,50	18,00	22,00	11,00	9,00

**Quadro 4.5 – Ordenação final de preferências – Método (MAH 2).**

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

#### 4.3.2.1.3 Método de Análise Hierárquica 3 – MAH 3

Para estabelecer a ordenação final para este método foi aplicada a Equação 4.5, para ponderação dos pesos dos sub-critérios. Foi atribuído ao sub-critério de maior peso, um peso igual ao do respectivo critério. A Tabela 4.5 mostra os valores com os resultados dos pesos parciais ponderados pela Equação 4.5, onde observa-se que na soma total de cada decisor o valor ultrapassa 100 %. Neste caso efetuou-se uma normalização dos valores, que são mostrados na Tabela 4.6, com os pesos finais normalizados e em seguida o Quadro 4.6 apresenta a ordenação final dos decisores para os subcritérios que serão utilizados nesse estudo.

$$Pp_{ij}' = \left( \frac{X_i(\%)}{Y(\%)_{(máx)}} \right) * y_{ij} \quad (4.5)$$

Onde:

$Pp_{ij}$  – Peso ponderado do sub-critério j do critério i (%)

$X_i$  – Peso do Critério i (%)

$Y_{ij(max)}$  – Peso máximo entre os sub-critérios do critério j (%)

$Y_{ij}$  – Peso do sub-critério j do critério i (%)



**Tabela 4.5 - Pesos parciais - Método (MAH 3)**

Alternativas / Critérios	Técnico			Econômico		Social		Ambiental		TOTAL (%)
	Eficiência	Conservação do Solo	Reserva hídrica	Efic. Econômica	Grau de Dependência Hídrica	Geração de emprego	Grau de Escolaridade	Potencial Poluidor	Desmatamento	
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	-
Dec 1	4,29	15,00	2,14	25,00	10,71	13,33	20,00	40,00	17,14	147,61
Dec 2	10,00	1,43	2,86	20,00	13,33	40,00	17,14	30,00	16,15	150,91
Dec 3	8,00	20,00	12,00	10,00	15,00	30,00	12,86	35,00	15,00	157,86
Dec 4	16,00	20,00	4,00	45,00	19,29	10,00	6,92	16,67	25,00	162,88
Dec 5	35,00	30,63	25,00	12,27	15,00	13,33	20,00	24,55	30,00	205,78
Dec 6	5,71	20,00	2,86	7,50	30,00	10,00	40,00	2,50	10,00	128,57
Dec 7	15,00	4,29	2,14	25,00	10,71	32,73	40,00	20,00	16,36	166,23

**Tabela 4.6 - Pesos finais normalizados – Método (MAH 3).**

Alternativas / Critérios	Técnico			Econômico		Social		Ambiental		TOTAL (%)
	Eficiência	Conservação do Solo	Reserva hídrica	Efic. Econômica	Grau de Dependência Hídrica	Geração de emprego	Grau de Escolaridade	Potencial Poluidor	Desmatamento	
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	-
Dec 1	2,90	10,16	1,45	16,94	7,26	9,03	13,55	27,10	11,61	100,00
Dec 2	6,63	0,95	1,89	13,25	8,83	26,50	11,36	19,88	10,70	100,00
Dec 3	5,07	12,67	7,60	6,33	9,50	19,00	8,14	22,17	9,50	100,00
Dec 4	9,82	12,28	2,46	27,63	11,84	6,14	4,25	10,23	15,35	100,00
Dec 5	17,01	14,88	12,15	5,96	7,29	6,48	9,72	11,93	14,58	100,00
Dec 6	4,44	15,56	2,22	5,83	23,33	7,78	31,11	1,94	7,78	100,00
Dec 7	9,02	2,58	1,29	15,04	6,45	19,69	24,06	12,03	9,84	100,00

**Quadro 4.6 – Ordenação final de preferências - Método (MAH 3).**

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

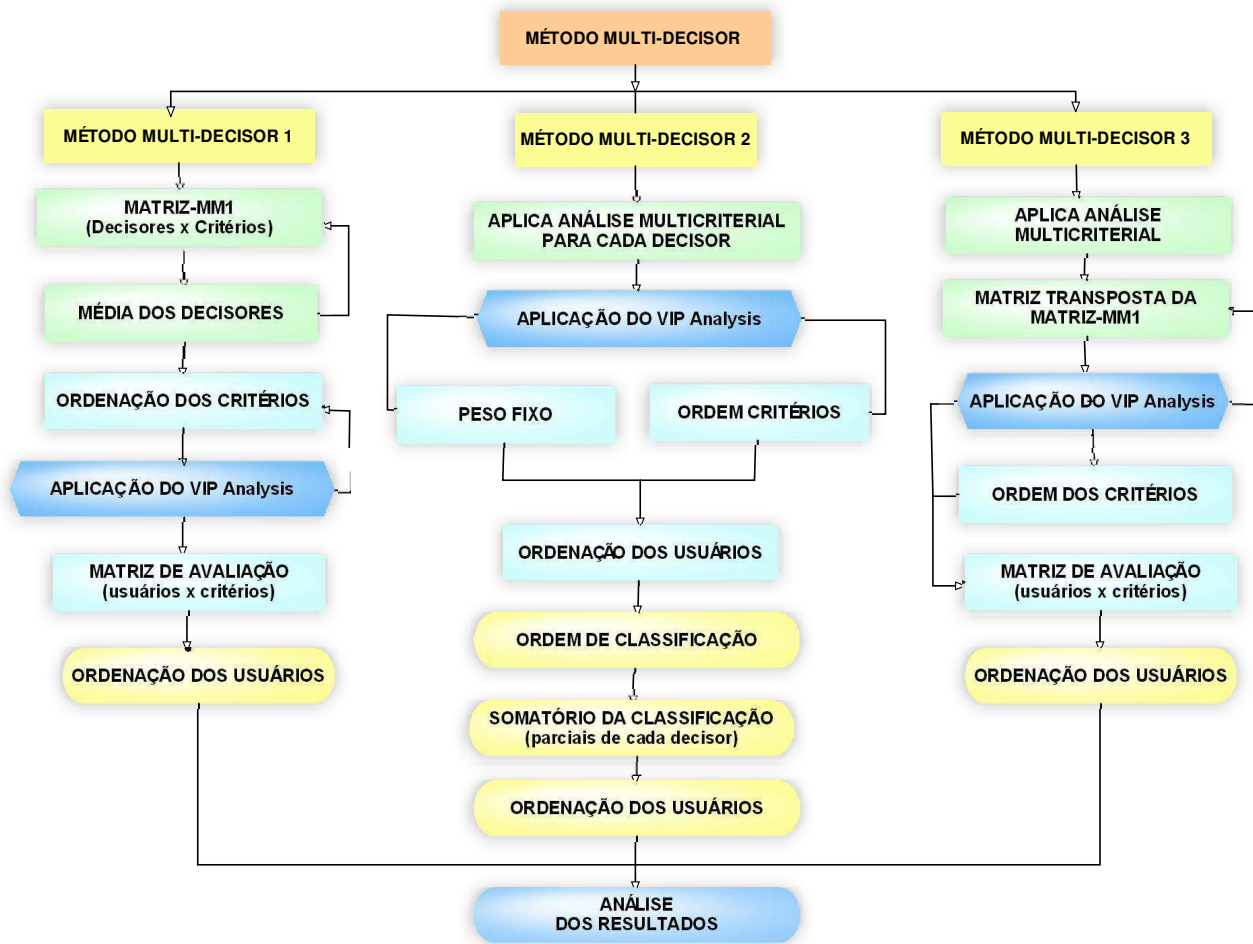
### 4.3.3 Análise Multi-decisores

\

Depois de estabelecidas as ordenações das preferências de cada decisor para os sub-critérios, dentro do contexto de uma estrutura hierárquica, apresentam-se, a partir deste

ponto, metodologias para o estabelecimento de preferências globais que envolvam os pesos atribuídos pelos multidecisores para cada sub-critério a fim de prover uma solução que satisfaça a todos ou minimize potenciais conflitos.

O primeiro método, MM1 – Método Multi-decisor 1, faz uso da média dos pesos atribuídos pelos decisores para cada critério. O segundo método, MM2 – Método Multi-decisor 2, soma a classificação do atendimento à demanda de cada usuário obtida pela aplicação do VIP Analysis para cada decisor e a classificação geral se dará na ordem crescente de valores obtidos para cada usuário. O terceiro método, MM3 – Método Multi-decisor 3 aplica o método VIP Analysis em dois estágios: 1 - numa primeira fase procura-se ordenar os critérios em termos dos pesos atribuídos pelos decisores e 2 - numa segunda fase faz-se a ordenação do atendimento as demandas dos usuários. A Figura 4.9 mostra, de forma esquemática, os métodos multi-decisores utilizados.



**Figura 4.9 – Fluxograma da metodologia para análise Multi -decisores.**

## CAPÍTULO V

---

### APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 5.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Este capítulo tem o objetivo de demonstrar a aplicabilidade da metodologia de alocação de água proposta neste trabalho. Em princípio para um exemplo com 4 usuários e, em seguida, tem-se uma aplicação para um estudo de caso referente ao trecho 2 do Sistema Curema-Açu, que está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Piranhas -Açu.

Serão obtidas ordenações para o atendimento às demandas de água dos usuários segundo as preferências dos 7 decisores, estruturadas hierarquicamente, com aplicação de 3 métodos (MAH 1, MAH 2 e MAH 3), conforme descritos no Capítulo IV. Será realizada uma aplicação do VIP Analysis para um exemplo hipotético, com fornecimento de 42 ordenações, onde cada ordenação representa a opinião de um decisor para priorizar a alocação da água.

Para obtenção das ordenações será utilizada a matriz de avaliação mostrada na Tabela 5.1. Os pesos finais serão obtidos pela aplicação dos 3 métodos e suas entradas no VIP Analysis ocorrerão em duas etapas: primeiro com as ordenação dos sub -critérios através das constantes de escala (k), (sem ter necessariamente um valor numérico), posteriormente, com a aplicação direta dos pesos gerados por cada método, ou seja, um valor numérico bem definido para cada peso. Assim serão fornecidas 21 ordenações para cada etapa.

Em seguida será apresentada uma análise dos resultados obtidos através de uma comparação dos resultados obtidos pela análise hierárquica pelos 3 métodos, com entrada dos pesos utilizando a ordenação dos critérios (MAH - OC) e entrada direta com os pesos (MAH - P), bem como uma comparação com a metodologia de Kelman (2000).

Por fim, com os resultados dos métodos estabelecidos para proceder a análise hierárquica para o exemplo hipotético serão aplicados 3 métodos (MMD 1, MMD 2 e

MMD 3) para efetuar uma análise multi-decisor, com o objetivo de escolher uma ordenação global de prioridades para o atendimento às demandas de água pelos usuários.

### 5.1.1 Aplicação para um Exemplo com quatro usuários

Os cenários decisórios apresentados a seguir expressam situações do ponto de vista dos elementos decisores, onde a ordenação de preferência de cada um, para as constantes de escala, foi obtido através dos 3 métodos de análise hierárquica, mostrados no Capítulo IV. A aplicação, neste caso, tem o objetivo de avaliar o desempenho de 4 (quatro) usuários de irrigação difusa, localizados em um trecho de rio, que recebem água de um reservatório com capacidade relevante de regularização.

#### 5.1.1.1 Geração da Matriz de Avaliação

A aplicação do método de agregação aditiva VIP Analysis para este caso, inicia-se com a transformação da escala da matriz de avaliação vista na Tabela 5.1, a qual foi gerada com atribuição dos valores dos critérios variando entre zero e um, conforme descrito no Capítulo IV.

**Tabela 5.1 - Matriz de Avaliação para 4 usuários de água**

Alternativas / Critérios	Técnico			Econômico		Social		Ambiental	
	Eficiência	Conservação do Solo	Res. hídrica	Ger. de Em-prego	GDH	Efic. Econô - mica	Grau de Escol	Pot. Poluidor	Desmatamento
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
Usuário 1	0,73	0,25	1,00	0,16	0,38	0,52	0,3	1,0	0,75
Usuário 2	0,62	1,00	0,75	0,63	0,69	0,17	0,5	0,5	1,00
Usuário 3	0,70	0,75	0,25	0,23	0,52	0,35	0,8	0,25	0,25
Usuário 4	0,92	0,50	0,50	0,19	0,27	0,26	0,5	0,75	0,50

Res. = Reserva ; Ger. = Geração ; GDH = Grau de Dependência Hídrica; Escol = Escolaridade; Pot. Potencial; Efic. = Eficiência

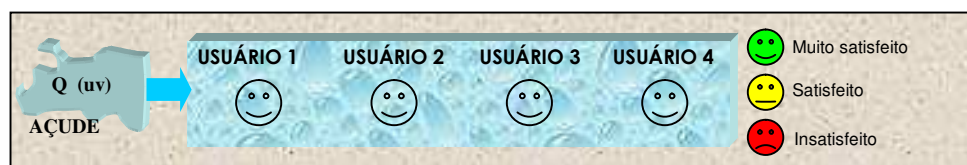
#### 5.1.1.2 Geração de Cenários Decisórios de Prioridade para Acesso a Água

Para o exemplo hipotético, utilizou-se dados de 4 (quatro) usuários que utilizam água como insumo de produção para suas respectivas atividades econômicas. Todos têm suas demandas definidas, totalizando 100 unidades volumétricas (u.v), sendo ordenadas de montante para jusante da seguinte maneira: usuário 1 (d = 10 u.v); usuário 2 (d = 30 u.v);

usuário 3 ( $d = 20$  u.v) e usuário 4 ( $d = 40$  u.v). A água é captada em um trecho de rio que é alimentado por um reservatório que tem uma disponibilidade de  $Q = 80$  unidades volumétricas.

Os cenários decisórios que serão gerados posteriormente terão como padrão uma escala com a localização dos 4 usuários e uma escala de satisfação dos mesmos. Esta escala indica a satisfação do usuário pela quantidade de água recebida, variando entre: muito satisfeito, satisfeito e insatisfeito (Figura 5.1).

A seguir apresentam-se 7 ordenações de atendimento as demandas dos usuários segundo as preferências de cada um dos 7 decisores de acordo com o método (MAH 1 - OC) que definiu os pesos para as constantes de escala, conforme visto no Capítulo IV. Os outros resultados da aplicação dos métodos restantes, serão mostrados na análise dos resultados.



**Figura 5.1 – Localização dos usuários e níveis de satisfação.**

#### 5.1.1.2.1 Cenário 01 (Decisor 1)

De acordo com a opinião do *decisor 1*, ficou estabelecida a seguinte ordem para as constantes de escala, conforme mostra a expressão 5.1.

$$k8 > k9 > k4 > k5 > k7 > k6 > k2 > k1 > k3 \quad (5.1)$$

Observa-se pela ordem dos critérios estabelecidos que o *decisor 1* valorizou em primeiro lugar o critério ambiental ( $k8$  e  $k9$ ), em segundo lugar o critério econômico ( $k4$  e  $k5$ ), em terceiro lugar o critério social ( $k7$  e  $k6$ ) e por último o critério técnico ( $k2$ ,  $k1$  e  $k3$ ). Para este caso, o sub-critério de maior relevância foi o potencial poluidor ( $k8$ ), ou seja, a inexistência de poluição na região, considerando que o usuário que utiliza agricultura orgânica tem prioridade em relação aos outros que não utilizam esta prática. De acordo

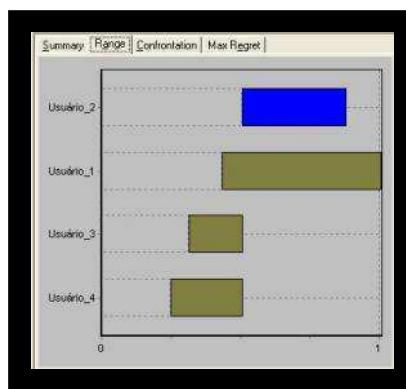
com a expressão 5.1 pode-se constatar que o critério técnico ocupa posição final na ordem de importância definida pelo *decisor 1*.

Esta ordem de importância para os critérios foi inserida no VIP Analysis. A ordem das constantes de escala é inserida no VIP Analysis por meio de uma série de restrições, sendo:  $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6 + k_7 + k_8 + k_9 = 1$ . Em seguida as restrições são as seguintes:  $k_9 - k_8 \leq 0$ ;  $(-k_9) + k_4 \leq 0$ ;  $(-k_4) + k_5 \leq 0$ ;  $(-k_5) + k_7 \leq 0$ ;  $(-k_7) + k_6 \leq 0$ ;  $(-k_6) + k_2 \leq 0$ ;  $(-k_2) + k_1 \leq 0$ ;  $(-k_1) + k_3 \leq 0$ . Essas oito restrições definem a ordem de preferência estabelecida pelo decisor ora apresentado, ou seja:  $k_8 \geq k_9 \geq k_4 \geq k_5 \geq k_7 \geq k_6 \geq k_2 \geq k_1 \geq k_3$ .

### Resultados do VIP Analysis - Decisor 1

Depois da definição da ordem de prioridades de atendimento aos critérios, de acordo com a opinião de cada decisor, obteve-se, portanto, todas as informações necessárias para utilização do programa VIP Analysis. A primeira abordagem refere-se à amplitude de cada usuário, ou seja, os mínimos e os máximos valores globais que cada um pode apresentar.

A Figura 5.2 mostra uma ordenação dos usuários segundo o mínimo valor global. Nesta figura, pode-se observar que o usuário 2 é o que apresenta o maior valor para o mínimo global. Pode-se observar também que os usuários 3 e 4 apresentam um máximo valor global inferior ao mínimo valor global do usuário 2, sendo, portanto, considerados absolutamente dominados por ele.



**Figura 5.2 – Amplitude de valor global das alternativas – Decisor 1**

A Figura 5.3 mostra que os usuários 3 e 4 são dominados pelo usuário 2, pois seus valores máximos globais estão mais abaixo do que o seu valor mínimo. O usuário que possui o melhor desempenho no máximo arrependimento é o usuário 1, porém possui um valor inferior a todas as alternativas.

OBS. O ‘*máximo arrependimento*’ corresponde ao máximo arrependimento para cada usuário caso este seja escolhido.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Usuário_1		0.435	1	0.173	
Usuário_2		0.507	0.875	0.25	
Usuário_3		0.316	0.5	0.5	YES (Abs)
Usuário_4		0.25	0.499	0.75	YES (Abs)

**Figura 5.3 – Resumo dos resultados do VIP Analysis - Decisor 1.**

Na Figura 5.4 o programa VIP Analysis apresenta uma tabela chamada de matriz de confrontação, onde se verifica a comparação par a par entre os usuários. Nas células desta matriz encontra-se a máxima (maior) vantagem que um usuário pode apresentar em relação ao outro, indicando a diferença de valor entre pares de usuários.

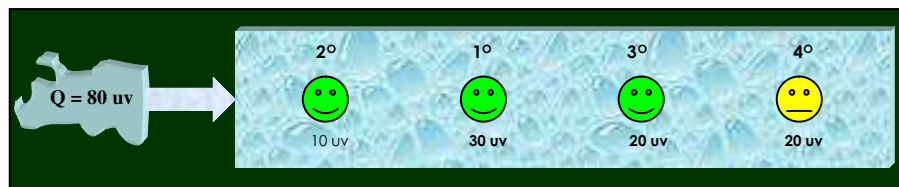
As células que apresentam números na cor vermelha denotam que *o usuário indicado pela linha é dominado pelas alternativas mostradas pela coluna*. Observa que na segunda coluna a existência de duas células na cor vermelha, isto demonstra que o usuário\_2 domina os usuários 3 e 4. Verifica-se, então, que o usuário\_2 apresenta maior quantidade de usuários dominado por ele. Portanto, nesta análise, considerando as preferências do decisor 1, o usuário 2 tem melhor desempenho que os demais, seguido do usuário 1 e posteriormente dos usuários 3 e 4.

	Usuário_1	Usuário_2	Usuário_3	Usuário_4
Usuário_1		0.25	0.5	0.75
Usuário_2	0.173		0.5	0.5
Usuário_3	0.024	-0.116		0.25
Usuário_4	0.014	-0.077	0.047	
Max Regret	0.173	0.25	0.5	0.75

**Figura 5.4 – Matriz de confrontação – decisor 1.**



**Análise do Cenário 1** – Observa-se que a alocação para este cenário decisório obedecerá a seguinte ordem de prioridade para atendimento: Usuários **2 → 1 → 3 → 4**. Nesse caso, de acordo com o decisor 1, em situação de escassez hídrica, onde a disponibilidade do reservatório é de somente 80 uv (unidades volumétricas) a alocação será conforme mostra a Figura 5.5, ou seja, o usuário 2 teria prioridade em relação aos demais, e receberia 30 uv (unidades volumétricas) seguido dos usuários 1, 3 e 4, os quais receberiam: 10 uv, 20 uv e 20 uv, respectivamente. O usuário 4 por ter a última colocação, mesmo com maior demanda em relação aos demais, passaria a receber 20 uv.



**Figura 5.5 – Ordem de prioridades de alocação segundo o decisor 1.**

#### 5.1.1.2.2 Cenário 02 (Decisor 2)

De acordo com a opinião *decisor 2*, ficou estabelecida a seguinte ordem para as constantes de escala, conforme mostra a expressão 5.2.

$$k_6 > k_7 > k_8 > k_9 > k_4 > k_5 > k_1 > k_3 > k_2 \quad (5.2)$$

Observa-se pela ordem dos critérios estabelecidos que o decisor 2 valorizou em primeiro lugar o critério Social ( $k_6$  e  $k_7$ ), em segundo lugar o critério ambiental ( $k_8$  e  $k_9$ ), em terceiro lugar o critério econômico ( $k_4$  e  $k_5$ ) e por último o critério técnico ( $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$ ). Para este caso, o sub-critério de maior relevância foi a Eficiência Econômica ( $k_6$ ), ou seja, o usuário que tem maior Eficiência Econômica na região. De acordo com a expressão 5.2 pode-se constatar que os critérios técnicos ocupam posições finais na ordem de importância definida pelo decisor 2.

Esta ordem de importância para os critérios foi inserida no VIP Analysis influenciando, diretamente, nos critérios de seleção para a alocação de água dos 4 usuários do exemplo hipotético:  $(k_7 - k_6) \leq 0$ ;  $[(-k_7) + k_8] \leq 0$ ;  $[(-k_8) + k_9] \leq 0$ ;  $[(-k_9) + k_4] \leq 0$ ;  $[(-k_4) + k_5] \leq 0$ ;  $[(-k_5) + k_1] \leq 0$ ;  $[(-k_1) + k_3] \leq 0$ ;  $[(-k_3) + k_2] \leq 0$ ;  $\leq 0$ . Essas oito

restrições definem a ordem de preferência estabelecidas pelo decisor ora apresentado, ou seja:  $k_6 \geq k_7 \geq k_8 \geq k_9 \geq k_4 \geq k_5 \geq k_1 \geq k_3 \geq k_2$ .

### Resultados do VIP Analysis na visão do decisor 2.

A Figura 5.6 mostra uma ordenação dos usuários segundo o mínimo valor global. Nesta figura pode-se observar que o usuário superior (usuário\_1) é o que apresenta o maior valor mínimo global, seguidos dos usuários 3, 4 e 2.

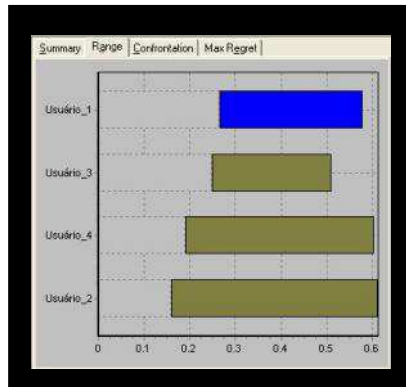


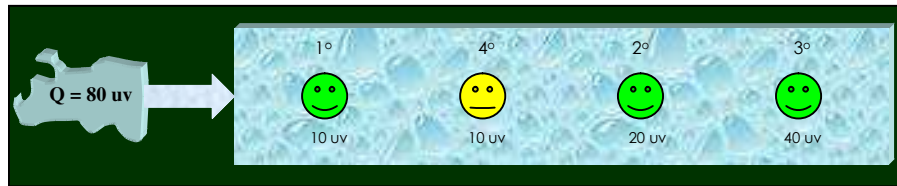
Figura 5.6 – Amplitude de valor global das alternativas – Decisor 2.

A figura 5.7 mostra um resumo onde o usuário que possui o melhor desempenho no máximo arrependimento é o usuário 1, porém possui um valor mínimo global inferior ao usuário 2.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Usuário_1		0.265	0.57	0.33	
Usuário_2		0.16	0.602	0.265	
Usuário_3		0.25	0.5	0.165	
Usuário_4		0.19	0.595	0.146	

Figura 5.7 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 2.

**Análise do Cenário 2** – Observa-se que a alocação para este cenário seguiu a seguinte ordem de prioridade para atendimento: Usuários **1 → 3 → 4 → 2**. Neste caso, o usuário 1 teria prioridade com relação aos demais (Figura 5.8). Observa-se, neste caso, que os usuários 1, 3 e 4 receberão as demandas de água solicitadas, 10 uv, 20 uv e 40 uv respectivamente, já o usuário 2, que solicitou 30 uv, receberá apenas 10 uv, pois foi, segundo o decisor 2, o último colocado no processo de alocação.



**Figura 5.8 – Ordem de prioridade de alocação segundo o decisor 2.**

### 5.1.1.2.3 Cenário 03 (Decisor 3)

De acordo com a opinião do *decisor 3*, ficou estabelecida a seguinte ordem para as constantes de escala, conforme mostra a expressão 5.3.

$$k8 > k9 > k6 > k7 > k2 > k3 > k1 > k5 > k4 \quad (5.3)$$

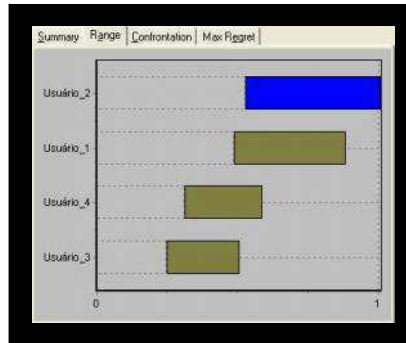
Observa-se pela ordem dos critérios estabelecidos que o decisor 3 valorizou em primeiro lugar o critério ambiental ( $k8$  e  $k9$ ), em segundo lugar o critério social ( $k6$  e  $k7$ ), em terceiro lugar os critérios técnicos ( $k1$ ,  $k2$  e  $k3$ ) e por último o critério econômico ( $k4$  e  $k5$ ). Para este caso, o sub-critério de maior relevância foi o desmatamento ( $k9$ ), ou seja, o usuário com menor índice de desmatamento da mata ciliar tem prioridade em relação aos outros que não utilizam esta prática na região. De acordo com a expressão 5.3 pode-se constatar que o critério econômico ocupa posição final na ordem de importância definida pelo decisor 3.

Esta ordem de importância para os critérios foi inserida no VIP Analysis para os 4 usuários do exemplo hipotético:  $(k8 - k9) \leq 0$ ;  $[(-k9) + k6] \leq 0$ ;  $[(-k6) + k7] \leq 0$ ;  $[(-k7) + k2] \leq 0$ ;  $[(-k2) + k3] \leq 0$ ;  $[(-k3) + k1] \leq 0$ ;  $[(-k1) + k5] \leq 0$ ;  $[(-k5) + k4] \leq 0$ . Essas oito restrições definem a ordem de preferência estabelecidas pelo decisor ora apresentado, ou seja:  $k8 \geq k9 \geq k6 \geq k7 \geq k2 \geq k3 \geq k1 \geq k5 \geq k4$ .

### **Resultados do VIP Analysis na visão do decisor 3.**

A Figura 5.9 mostra uma ordenação dos usuários segundo o mínimo valor global. Nesta figura, pode-se observar que o usuário superior (usuário\_2) é o que apresenta o maior valor mínimo global. Pode-se observar, também, que o usuário 3 apresenta um

máximo valor global inferior ao mínimo valor global do usuário 2, sendo, portanto, considerado absolutamente dominado.



**Figura 5.9 – Amplitude de valor global das alternativas – Decisor 3.**

A Figura 5.10 mostra que os usuários 3 e 4 são dominados, pois seus valores máximos globais estão próximos ao valor mínimo do usuário 2. O usuário que possui o melhor desempenho no máximo arrependimento é o usuário 2, porém possui um valor inferior a todas as alternativas. O usuário 3 é absolutamente dominado pelo usuário 2, pois apresenta um máximo valor global inferior ao seu mínimo valor global.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Usuário_1	0.487	0.487	0.875	0.25	
Usuário_2	0.527	0.527	1	0.04	
Usuário_3	0.25	0.25	0.5	0.75	YES (Abs)
Usuário_4	0.313	0.313	0.579	0.5	YES

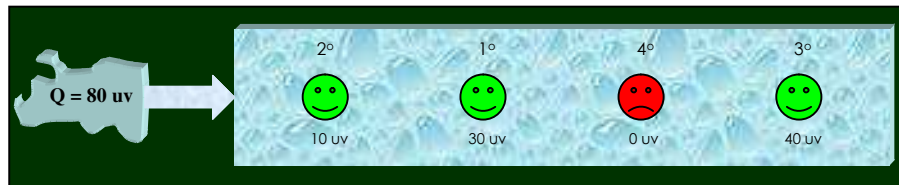
**Figura 5.10 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 3.**

Observa na Figura 5.11 a existência de duas células na cor vermelha, o que demonstra que o usuário\_2 domina os usuários 3 e 4. Verifica-se então, que o usuário\_2 apresenta maior quantidade de usuários dominado por ele. Portanto, nesta análise, considerando as preferências do decisor 1, o usuário 2 tem um melhor desempenho que os demais, seguido do usuário 1 e posteriormente os usuários 4 e 3.

	Usuário_1	Usuário_2	Usuário_3	Usuário_4
Usuário_1		0.04	0.5	0.5
Usuário_2	0.25		0.75	0.5
Usuário_3	-0.006	-0.127		0.02
Usuário_4	-0.005	-0.055	0.25	
Max Regret	0.25	0.04	0.75	0.5

**Figura 5.11 – Matriz de confrontação – decisor 3.**

**Análise do Cenário 3** – Observa-se que a alocação para este cenário seguiu a seguinte ordem de prioridade para atendimento: Usuários **2 → 1 → 4 → 3**. Neste caso o usuário 2 teria prioridade com relação aos demais (Figura 5.12). Observa-se que os usuários 2, 1 e 4 receberão suas unidades volumétricas (uv) solicitadas: 30 uv, 10 uv e 40 uv, respectivamente, já o usuário 3 não receberá nada, pois ocupa a última colocação.



**Figura 5.12 – Ordem de prioridade de alocação segundo o decisor 3.**

#### 5.1.1.2.4 Cenário 04 (Decisor 4)

De acordo com a opinião do *decisor 4*, ficou estabelecida a seguinte ordem para as constantes de escala, conforme mostra a expressão 5.4.

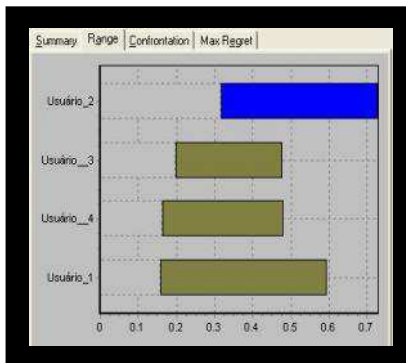
$$\mathbf{k4 > k5 > k9 > k8 > k2 > k1 > k3 > k6 > k7} \quad (5.4)$$

Observa-se pela ordem dos critérios estabelecidos que o decisor 4 valorizou em primeiro lugar o critério econômico ( $k4$  e  $k5$ ), em segundo lugar o critério ambiental ( $k9$  e  $k8$ ), em terceiro lugar os critérios técnicos ( $k1$ ,  $k2$  e  $k3$ ) e por último o critério social ( $k6$  e  $k7$ ). Para este caso, o sub-critério de maior relevância foi a Geração de Emprego ( $k4$ ), ou seja, considera-se que o usuário que tiver maior lucratividade com o uso da água terá prioridade em relação aos demais. De acordo com a expressão 5.4 pode-se constatar que o critério social ocupa posição final na ordem de importância definida pelo decisor 4.

A ordem das constantes de escala são inseridas no VIP Analysis por meio de uma série de restrições, sendo:  $k1 + k2 + k3 + k4 + k5 + k6 + k7 + k8 + k9 = 1$ . Em seguida as restrições são as seguintes:  $k5 - k4 \leq 0$ ;  $(-k5) + k9 \leq 0$ ;  $(-k9) + k8 \leq 0$ ;  $(-k8) + k2 \leq 0$ ;  $(-k2) + k1 \leq 0$ ;  $(-k1) + k3 \leq 0$ ;  $(-k3) + k6 \leq 0$ ;  $(-k6) + k7 \leq 0$ . Essas oito restrições definem a ordem de preferência estabelecida pelo decisor ora apresentado, ou seja:  $k4 \geq k5 \geq k9 \geq k8 \geq k2 \geq k1 \geq k3 \geq k6 \geq k7$ .

### Resultados do VIP Analysis na visão do Decisor 4.

A Figura 5.13 mostra uma ordenação dos usuários segundo o mínimo valor global. Nesta figura pode-se observar que o usuário superior (usuário\_2) é o que apresenta o maior valor mínimo global.



**Figura 5.13 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 4.**

A figura 5.14 mostra que os usuários 1, 3 e 4 são dominados, pois seus valores máximos globais estão próximos ao valor mínimo do usuário 2. O usuário que possui o melhor desempenho no máximo arrependimento é o usuário 2, porém possui um valor inferior a todas as alternativas.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Usuário_1	0.158	0.158	0.585	0.216	YES
Usuário_2	0.317	0.317	0.719	-0.021	
Usuário_3	0.198	0.198	0.47	0.326	YES
Usuário_4	0.163	0.163	0.472	0.381	YES

**Figura 5.14 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 4.4**

Observa-se que na coluna a existência de três células na cor vermelha, isto demonstra que o usuário\_2 domina os usuários 1, 3 e 4. Verifica-se então, que o usuário\_2 apresenta maior quantidade de usuários dominado por ele. Portanto, nesta análise, considerando as preferências do decisor 4, o usuário 2 tem um melhor desempenho que os demais, conforme mostra a Figura 5.15.

Summary	Range	Confrontation		Max Regret
	Usuário_1	Usuário_2	Usuário_3	Usuário_4
Usuário_1		-0.021	0.225	0.269
Usuário_2	0.216		0.326	0.381
Usuário_3	0.05	-0.114		0.088
Usuário_4	0.005	-0.112	0.034	
Max Regret	0.216	-0.021	0.326	0.381

Figura 5.15 – Matriz de confrontação – decisor 4.

**Análise do Cenário 4** – Observa-se que a alocação para este cenário seguiu a seguinte ordem de prioridade para atendimento: Usuários **2 → 3 → 4 → 1**. Neste caso o usuário 2 teria prioridade com relação aos demais. Para este cenário a alocação seria da seguinte maneira conforme mostra a Figura 5.16, seguindo a ordem de prioridades o usuário 2 receberia 30 uv, o usuário 3 receberia 20 uv, o usuário 4 de ixaria de receber os 40 uv e passaria a receber 30 uv e o usuário 1 não receberia nada, pois foi o ultimo.

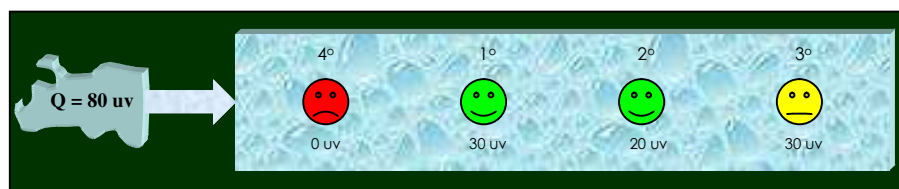


Figura 5.16 – Ordem de prioridade de alocação segundo o decisor 4.

#### 5.1.1.2.5 Cenário 05 (Decisor 5)

De acordo com a opinião do *decisor 5*, ficou estabelecida a seguinte ordem para as constantes de escala, conforme mostra a expressão 5.5.

$$\mathbf{k1 > k2 > k3 > k9 > k8 > k7 > k6 > k5 > k4} \quad (5.5)$$

Observa-se pela ordem dos critérios estabelecidos que o decisor 5 valorizou em primeiro lugar o critério técnico (k1, k2 e k3), em segundo lugar o critério ambiental (k8 e k9), em terceiro lugar o critério social (k6 a k7) e por último o critério econômico (k4 e k5). Para este caso, o sub-critério de maior relevância foi a Geração de Emprego (k1), ou seja, considera-se o usuário que tiver melhor eficiência no uso da água, este terá prioridade em relação aos demais. De acordo com a expressão 5.5 pode-se constatar que o critério econômico ocupa posição final na ordem de importância definida pelo decisor 5.

A ordem das constantes de escala são inseridas no VIP Analysis por meio de uma série de restrições, sendo:  $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6 + k_7 + k_8 + k_9 = 1$ . Em seguida as restrições são as seguintes:  $(k_2 - k_1) \leq 0$ ;  $[(-k_2) + k_3] \leq 0$ ;  $[(-k_3) + k_9] \leq 0$ ;  $[(-k_9) + k_8] \leq 0$ ;  $[(-k_8) + k_7] \leq 0$ ;  $[(-k_7) + k_6] \leq 0$ ;  $[(-k_6) + k_5] \leq 0$ ;  $[(-k_5) + k_4] \leq 0$ . Essas oito restrições definem a ordem de preferência estabelecida pelo decisor ora apresentado, ou seja:  $k_1 \geq k_2 \geq k_3 \geq k_9 \geq k_8 \geq k_7 \geq k_6 \geq k_5 \geq k_4$ .

### Resultados do VIP Analysis na visão do Decisor 5.

A Figura 5.17 mostra uma ordenação dos usuários segundo o mínimo valor global. Nesta figura pode-se observar que o usuário superior (usuário\_2) é o que apresenta o maior valor mínimo global, seguidos dos usuários 4, 1 e 3.

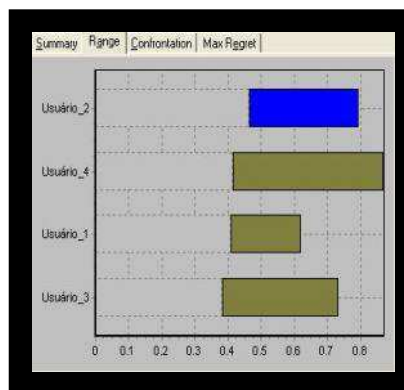


Figura 5.17 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 5.

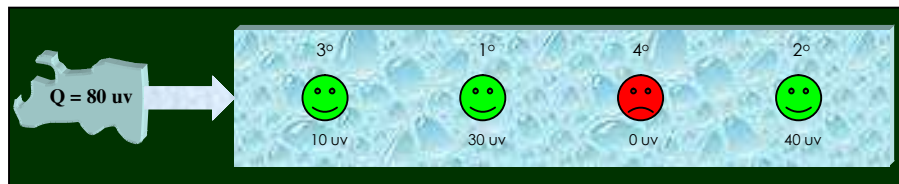
A figura 5.18 mostra que o usuário que possui o melhor desempenho no máximo arrependimento é o usuário 4, porém possui um valor inferior a todas as alternativas, no entanto segue a ordem de prioridade em segundo lugar, seguidos pelos usuários 1 e 3.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Usuário_1	0.41	0.41	0.61	0.37	
Usuário_2	0.464	0.464	0.785	0.29	
Usuário_3	0.383	0.383	0.725	0.205	
Usuário_4	0.415	0.415	0.86	0.184	

Figura 5.18 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 5.



**Análise do Cenário 5** – Observa-se que a alocação para este cenário seguiu a seguinte ordem de prioridade para atendimento: Usuários **2 → 4 → 1 → 3**. Neste caso o usuário 2 teria prioridade com relação aos demais. A alocação seria da seguinte maneira conforme mostra a Figura 5.19. Seguindo a ordem de prioridades os usuários 2, 4 e 1 receberiam suas unidades volumétricas (uv) solicitadas, sendo 30 uv, 40 uv e 10 uv, respectivamente e o usuário 3 por ser o último colocado, não receberia nada.



**Figura 5.19 – Ordem de prioridade de alocação segundo o decisor 5.**

#### 5.1.1.2.6 Cenário 06 (Decisor 6)

De acordo com a opinião do *decisor 6*, ficou estabelecida a seguinte ordem para as constantes de escala, conforme mostra a expressão 5.6.

$$k7 > k6 > k5 > k4 > k2 > k1 > k3 > k9 > k8 \quad (5.6)$$

Observa-se pela ordem dos critérios estabelecidos que o decisor 6 valorizou em primeiro lugar o critério social ( $k6$  e  $k7$ ), em segundo lugar o critério econômico ( $k4$  e  $k5$ ), em terceiro lugar o critério técnico ( $k1$ ,  $k2$  e  $k3$ ) e por último o critério ambiental ( $k8$  e  $k9$ ). Para este caso, o sub-critério de maior relevância foi o grau de escolaridade ( $k7$ ), ou seja, considera-se o usuário que tiver maior grau de escolaridade, este terá prioridade em relação aos demais. De acordo com a expressão 5.6 pode-se constatar que o critério ambiental ocupa posição final na ordem de importância definida pelo decisor 6.

A ordem das constantes de escala são inseridas no VIP Analysis por meio de uma série de restrições, sendo:  $k1 + k2 + k3 + k4 + k5 + k6 + k7 + k8 + k9 = 1$ . Em seguida as restrições são as seguintes:  $(k6 - k7) \leq 0$ ;  $[(-k6) + k5] \leq 0$ ;  $[(-k5) + k4] \leq 0$ ;  $[(-k4) + k2] \leq 0$ ;  $[(-k2) + k1] \leq 0$ ;  $[(-k3) + k9] \leq 0$ ;  $[(-k9) + k8] \leq 0$ . Essas oito restrições definem a ordem de preferência estabelecida pelo decisor ora apresentado, ou seja:  $k7 \geq k6 \geq k5 \geq k4 \geq k2 \geq k1 \geq k3 \geq k9 \geq k8$ .

## Resultados do VIP Analysis na visão do Decisor 6.

A Figura 5.20 mostra uma ordenação dos usuários segundo o mínimo valor global. Nesta figura pode-se observar que o usuário superior (usuário\_4) é o que apresenta o maior valor mínimo global, seguidos dos usuários 3, 2 e 1.

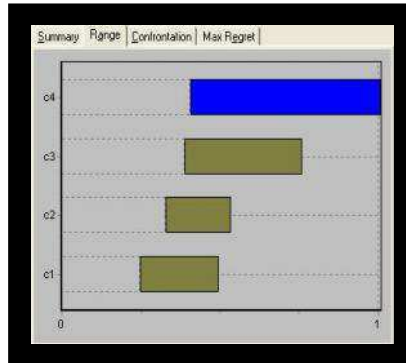


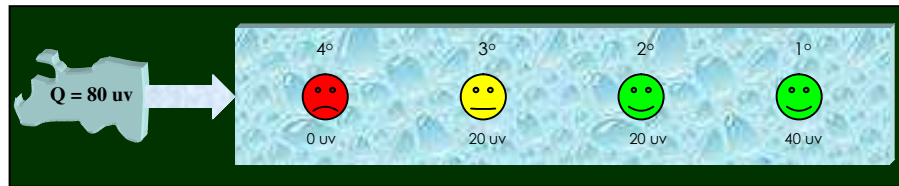
Figura 5.20 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 6.

A figura 5.21 mostra que o usuário 4 que possui o melhor desempenho no máximo arrependimento e também apresenta um valor superior aos demais usuários no Mínimo valor, porém possui prioridade em relação aos demais.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
c1	0.25	0.25	0.487	0.75	YES
c2	0.33	0.33	0.527	0.5	
c3	0.391	0.391	0.75	0.25	
c4	0.408	0.408	1	0.112	

Figura 5.21 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 6.

**Análise do Cenário 6** – Observa-se que a alocação para este cenário seguiu a seguinte ordem de prioridade para atendimento: Usuários **4 → 3 → 2 → 1**. Neste caso o usuário 4 teria prioridade com relação aos demais e a alocação seria da seguinte maneira conforme mostra a Figura 5.22. Seguindo a ordem de prioridades o usuário 4 receberia os seus 40 uv, o usuário 3 receberia os seus 20 uv, o usuário 2 receberia apenas 20 uv e o usuário 1, não receberia nada, pois é o último colocado.



**Figura 5.22 – Ordem de prioridade de alocação segundo o decisor 6.**

#### 5.1.1.2.7 Cenário 07 (Decisor 7)

De acordo com a opinião do decisor 7, ficou estabelecida a seguinte ordem para as constantes de escala, conforme mostra a expressão 5.7.

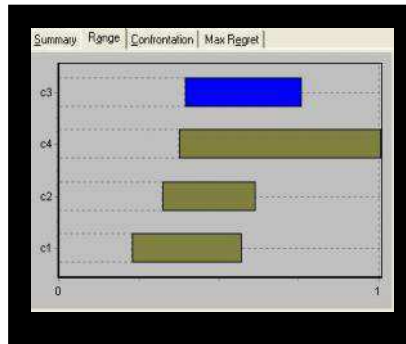
$$k8 > k9 > k1 > k2 > k3 > k4 > k5 > k7 > k6 \quad (5.7)$$

Observa-se pela ordem dos critérios estabelecidos que o decisor 7 valorizou em primeiro lugar o critério ambiental ( $k8$  e  $k9$ ), em segundo lugar o critério técnico ( $k1$ ,  $k2$  e  $k3$ ), em terceiro lugar o critério econômico ( $k4$  e  $k15$ ) e por último o critério social ( $k6$  a  $k7$ ). Para este caso, o sub-critério de maior relevância foi o potencial poluidor ( $k8$ ), ou seja, considera-se o usuário que tiver menor grau de potencial poluidor, este terá prioridade em relação aos demais. De acordo com a expressão 5.7 pode-se constatar que o critério técnico ocupa posição final na ordem de importância definida pelo decisor 7.

A ordem das constantes de escala são inseridas no VIP Analysis por meio de uma série de restrições, sendo:  $k1 + k2 + k3 + k4 + k5 + k6 + k7 + k8 + k9 = 1$ . Em seguida as restrições são as seguintes:  $(k9 - k8) \leq 0$ ;  $[(-k9) + k1] \leq 0$ ;  $[(-k1) + k2] \leq 0$ ;  $[(-k2) + k3] \leq 0$ ;  $[(-k3) + k4] \leq 0$ ;  $[(-k4) + k5] \leq 0$ ;  $[(-k5) + k7] \leq 0$ ;  $[(-k7) + k6]$ . Essas oito restrições definem a ordem de preferência estabelecida pelo decisor ora apresentado, ou seja:  $k8 \geq k9 \geq k1 \geq k2 \geq k3 \geq k4 \geq k5 \geq k7 \geq k6$ .

#### **Resultados do VIP Analysis na visão do Decisor 7.**

A Figura 5.23 mostra uma ordenação dos usuários segundo o mínimo valor global. Nesta figura pode-se observar que o usuário superior (usuário\_3) é o que apresenta o maior valor mínimo global, seguidos dos usuários 4, 2 e 1.



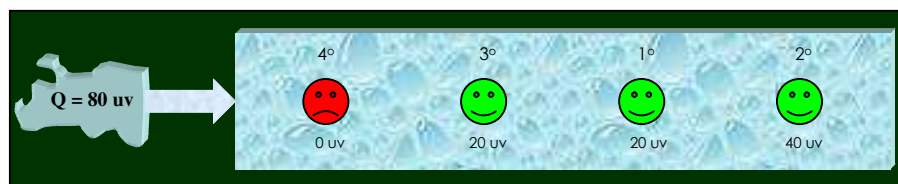
**Figura 5.23 – Amplitude de valor global das alternativas – decisor 7.**

A figura 5.24 mostra que o usuário que possui o melhor desempenho no máximo arrependimento é o usuário 4, porém possui um valor inferior a todas as alternativas, no entanto segue a ordem de prioridade em segundo lugar, seguidos pelos usuários 1 e 2.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
c1		0.229	0.563	0.75	YES
c2		0.326	0.608	0.5	
c3		0.395	0.75	0.25	
c4		0.377	1	0.146	

**Figura 5.24 – Resumo dos resultados do VIP Analysis na visão do decisor 7.**

**Análise do Cenário 7** – Observa-se que a alocação para este cenário seguiu a seguinte ordem de prioridade para atendimento: Usuários **3 → 4 → 2 → 1**. Neste caso o usuário 3 teria prioridade com relação aos demais e a alocação seria da seguinte maneira conforme mostra a Figura 5.25. Seguindo a ordem de prioridades o usuário 3 receberia os 20 uv, o usuário 4 receberia 40 uv, o usuário 2 receberia apenas 20 uv e o usuário 1 por ser o ultimo colocadonão receberia nada.



**Figura 5.25 – Ordem de prioridade para alocação segundo o decisor 7.**

### 5.1.1.3 Resultados das Aplicações dos três Métodos Hierárquicos

Da mesma forma que foi utilizado o VIP Analysis com aplicação do método (MAH 1), na geração destes 7 cenários decisórios, com utilização da Matriz de Avaliação da Tabela 5.1 e a entrada dos pesos feitas com o ordenamento dos critérios, a seguir serão mostrados os cenários decisórios gerados com a entrada direta dos pesos. Também serão apresentados os cenários gerados pelos métodos (MAH 2) e (MAH 3). A seguir apresenta-se um resumo dos resultados da aplicação dos 3 métodos que geraram 42 cenários decisórios.

#### 5.1.1.3.1 Resultados da Aplicação do Método - MAH 1

Apresentam-se a seguir os resultados da aplicação do Método – MAH 1, os quais foram gerados com o *ordenamento dos critérios (OC)* e com entrada direta dos *pesos (P)*. As Tabelas 5.2 e 5.3 mostram um resumo dos resultados para os 7 decisores com aplicação do métodos para no ordenamento dos critérios (MAH –OC) e aplicação direta nos pesos (MAH –P), respectivamente.

**Tabela 5.2 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 1-OC)**

Usuários	Demanda (uv)	Aplicando ordem dos critérios (MAH 1)						
		Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	2	1	2	2	2	4	3
2	30	1	3	1	3	4	3	4
3	20	3	4	4	4	1	2	2
4	40	4	2	3	1	3	1	1

Dec = Decisor; MAH 1 = Método de Análise Hierárquica 1

**Tabela 5.3 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 1-P)**

Usuários	Demanda (uv)	Aplicando pesos (MAH 1)						
		Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	2	2	2	2	2	2	2
2	30	3	1	1	1	4	4	4
3	20	4	4	3	4	1	3	1
4	40	1	3	4	3	3	1	3

Dec = Decisor

### 5.1.1.3.2 Resultados da Aplicação do Método MAH 2.

Apresentam-se a seguir os resultados da aplicação do Método – MAH 2, gerados com o *ordenamento dos critérios (OC)* e com *entrada direta dos pesos (P)*. As Tabelas 5.4 e 5.5 mostram um resumo dos resultados para os 7 decisores com aplicação no ordenamento dos critérios e aplicação direta nos pesos, respectivamente.

**Tabela 5.4 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 2-OC)**

Usuários	Demanda (uv)	Aplicando ordem dos critérios (MAH 2)						
		Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	2	1	1	2	2	2	4
2	30	1	3	2	3	4	4	3
3	20	3	4	3	4	3	3	2
4	40	4	2	4	1	1	1	1

Dec = Decisor; MAH 2 = Método de Análise Hierárquica 2

**Tabela 5.5 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 2-P)**

Usuários	Demanda (uv)	Aplicando pesos (MAH 2)						
		Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	2	1	2	2	2	2	2
2	30	1	2	1	4	1	4	4
3	20	3	3	4	3	4	3	3
4	40	4	4	3	1	3	1	1

Dec = Decisor

### 5.1.1.3.3 Resultados da Aplicação do Método - MAH 3.

Apresentam-se a seguir os resultados da aplicação do Método – MAH 3, gerados com o ordenamento dos critérios (OC) e com entrada direta dos pesos (P). As Tabelas 5.6 e 5.7 mostram um resumo dos resultados para os 7 decisores com aplicação no ordenamento dos critérios e aplicação direta nos pesos, respectivamente.

**Tabela 5.6 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 3-OC)**

Usuários	Demanda (uv)	Aplicando ordem dos critérios (MAH 3)						
		Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	2	1	1	2	2	2	4
2	30	1	3	2	3	1	4	3
3	20	3	4	3	4	4	3	2
4	40	4	2	4	1	3	1	1

Dec = Decisor; MAH 3 = Método de Análise Hierárquica 3

**Tabela 5.7 – Ordenação para os 7 decisores pelo (MAH 3-P)**

Usuários	Demanda (uv)	Aplicando pesos (MAH 3)						
		Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	2	1	2	2	2	2	4
2	30	1	2	1	1	1	4	2
3	20	3	3	3	3	4	3	3
4	40	4	4	4	4	3	1	1

Dec = Decisor; MAH 3 = Método de Análise Hierárquica 3

#### 5.1.1.4 Comparação entre os Métodos e Análises dos Resultados

A seguir serão apresentados confrontos entre os resultados obtidos pelas análises hierárquicas realizados pelos 3 métodos, bem como o método proposto por Kelman (2000).

##### 5.1.1.4.1 Comparação do Método MAH 1-OC com Kelman

A Tabela 5.8 mostra uma comparação entre o MAH 1-OC e Kelman. Neste caso, pode-se observar que não acontece repetição na ordenação do atendimento às demandas dos usuários em nenhum decisor, bem como comparando -se com o modelo proposto por Kelman (2000).

**Tabela 5.8 – Comparação entre o método MAH 1-OC com Kelman**

Usuários	Demanda (uv)	Kelman (2000)			Aplicando ordem dos critérios (MAH 1)						
		"Lei da Selva" Hídrica"	Cronológico	"Custo de Oportunidade"	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	1	2	2	2	1	2	2	2	4	3
2	30	2	3	4	1	3	1	3	4	3	4
3	20	3	1	3	3	4	4	4	1	2	2
4	40	4	4	1	4	2	3	1	3	1	1

Dec = Decisor; MAH 1 = Método de Análise Hierárquica 1

### 5.1.1.4.2 Comparação do Método MAH 1-P com Kelman

A Tabela 5.9 mostra uma comparação entre o MAH 1-P e Kelman. Neste caso, pode-se observar que somente a ordenação para o decisor 6 é igual a ordenação do custo de oportunidade, nos demais casos não acontece repetição na ordem de prioridade para os 4 (quatro) usuários.

**Tabela 5.9 – Comparação entre o método MAH 1-P com Kelman**

Usuários	Demanda (uv)	Kelman (2000)			Aplicando pesos (MAH 1)						
		"Lei da Selva" Hídrica"	Cronológico	"Custo de Oportunidade"	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	30	2	3	4	3	1	1	1	4	4	4
3	20	3	1	3	4	4	3	4	1	3	1
4	40	4	4	1	1	3	4	3	3	1	3

Dec = Decisor; MAH 1 = Método de Análise Hierárquica 1

### 5.1.1.4.3 Comparação do Método MAH 2-OC com Kelman

A Tabela 5.10 mostra uma comparação entre o MAH 2-OC e Kelman. Neste caso, pode-se observar que acontecem as mesmas repetições nas ordenações para os decisores 5 e 6 e na ordenação do custo de oportunidade, bem como as ordenações para o decisor 3 e a Lei da Selva. Para os demais decisores não acontece repetições nas ordenações do atendimento às demandas dos usuários.

Neste caso, observa-se nos resultados fornecidos pelo MAH 1-OC, que o usuário 2 terá maior prioridade, em relação aos demais, ocupando a primeira colocação conforme opinião dos decisores 1, 4, 5 e 6; e que o usuário 1 será o último, de acordo com opiniões dos decisores 4, 5, 6 e 7. Já o usuário 3 deve permanecer na sua posição normal, segundo a opinião dos decisores 1, 3, 5 e 6.

**Tabela 5.10 – Comparação entre o método MAH 2-OC com Kelman**

Usuários	Demanda (uv)	Kelman (2000)			Aplicando ordem dos critérios (MAH 2)						
		"Lei da Selva" Hídrica"	Cronológico	"Custo de Oportunidade"	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	1	2	2	2	1	1	2	2	2	4
2	30	2	3	4	1	3	2	3	4	4	3
3	20	3	1	3	3	4	3	4	3	3	2
4	40	4	4	1	4	2	4	1	1	1	1

Dec = Decisor ; MAH 2 = Método de Análise Hierárquica 2



#### 5.1.1.4.4 Comparação do Método MAH 2-P com Kelman (2000)

A Tabela 5.11 mostra uma comparação do MAH 2-P com Kelman. Neste caso, pode-se observar que acontecem as mesmas repetições nas ordenações do atendimento às demandas dos usuários segundo os decisores 4, 6 e 7 e na ordenação do custo de oportunidade e na ordenação para o decisor 2 com a Lei da Selva. Observa-se, também, uma repetição nas ordenações dos decisores 3 e 5.

**Tabela 5.11 – Comparação entre o método MAH 2-P com Kelman**

Demanda (uv)	Kelman (2000)			Aplicando pesos (MAH 2)						
	"Lei da Selva" Hídrica"	Cronológico	"Custo de Oportunidade"	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
10	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
30	2	3	4	1	2	1	4	1	4	4
20	3	1	3	3	3	4	3	4	3	3
40	4	4	1	4	4	3	1	3	1	1

Dec = Decisor

#### 5.1.1.4.5 Comparação do Método MAH 3-OC com Kelman (2000)

A Tabela 5.12 mostra uma comparação do MAH 3-OC com Kelman. Neste caso, pode-se observar que acontecem as mesmas repetições nas ordenações para o decisor 6 com a ordenação do custo de oportunidade e para o decisor 3 com a Lei da Selva.

**Tabela 5.12 – Comparação entre o método MAH 3-OC com Kelman**

Usuários	Demanda (uv)	Kelman (2000)			Aplicando ordem dos critérios (MAH 3)						
		"Lei da Selva" Hídrica"	Cronológico	"Custo de Oportunidade"	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	1	2	2	2	1	1	2	2	2	4
2	30	2	3	4	1	3	2	3	1	4	3
3	20	3	1	3	3	4	3	4	4	3	2
4	40	4	4	1	4	2	4	1	3	1	1

Dec = Decisor; MAH 3 = Método de Análise Hierárquica 3

#### 5.1.1.4.6 Comparação do Método MAH 3-P com Kelman (2000)

A Tabela 5.13 mostra uma comparação do MAH 3-P com Kelman. Neste caso pode-se observar que acontecem as mesmas repetições nas ordenações para o decisor 6 com custo de oportunidade e para o decisor 2 com Lei da Selva. Observa-se que houve repetições nas ordenações para os decisores 1, 3 e 4.

**Tabela 5.13 – Comparação entre o emprego do método MAH 3-P com Kelman**

Usuários	Demanda (uv)	Kelman (2000)			Aplicando pesos (MAH 3)						
		"Lei da Selva" Hídrica"	Cronológico	"Custo de Oportunidade"	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	10	1	2	2	2	1	2	2	2	2	4
2	30	2	3	4	1	2	1	1	1	4	2
3	20	3	1	3	3	3	3	3	4	3	3
4	40	4	4	1	4	4	4	4	3	1	1

Dec = Decisor

**5.1.1.4.7 Comparação entre os Métodos MAH 1-OC e MAH 2-OC**

A partir deste ponto os métodos serão comparados com relação a ordenação do atendimento às demandas dos usuários para os mesmos decisores de cada método.

A Tabela 5.14 mostra os resultados da comparação das ordenações do atendimento às demandas dos usuários obtidas pelos métodos (MAH 1) e (MAH 2) com ordenamento dos critérios. Verifica-se que acontece repetição apenas nas ordenações obtidas para os decisores 1, 2 e 4. Observa-se também que no MAH 2-OC as ordenações para os decisores 5 e 6 são os iguais.

**Tabela 5.14 – Comparação dos Métodos MAH 1-OC com MAH 2-OC**

Usuários	Aplicando ordem dos critérios (MAH 1)							Aplicando ordem dos critérios (MAH 2)						
	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	2	1	2	2	2	4	3	2	1	1	2	2	2	4
2	1	3	1	3	4	3	4	1	3	2	3	4	4	3
3	3	4	4	4	1	2	2	3	4	3	4	3	3	2
4	4	2	3	1	3	1	1	4	2	4	1	1	1	1

Dec = Decisor

**5.1.1.4.8 Comparação entre os Métodos MAH 1-P e MAH 2-P**

A Tabela 5.15 mostra os resultados das ordenações obtidas através dos métodos (MAH 1) e (MAH 2), com aplicação direta dos pesos. Verifica-se que acontece repetição apenas na ordenação para o decisor 6.

Observação: No método MAH 1 acontecem semelhanças nas ordenações para os decisores 2-4 e 5-7, já no método MAH 2, as semelhanças acontecem nas ordenações para os decisores 4-6-7 e 3-5.

**Tabela 5.15 – Comparação dos Métodos MAH 1 -P com MAH 2-P**

usuários	Aplicando pesos (MAH 1)							Aplicando pesos (MAH 2)						
	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
2	3	1	1	1	4	4	4	1	2	1	4	1	4	4
3	4	4	3	4	1	3	1	3	3	4	3	4	3	3
4	1	3	4	3	3	1	3	4	4	3	1	3	1	1

Dec = Decisor

**5.1.1.4.9 Comparação entre os Métodos MAH 1-OC e MAH 3-OC**

A Tabela 5.16 mostra os resultados das ordenações obtidas através dos métodos (MAH 1) e (MAH 2), com ordenamento dos critérios. Neste caso, acontecem repetições nas ordenações para os decisores 1, 2 e 4.

**Tabela 5.16 – Comparação dos Métodos MAH 1 -OC com MAH 3-OC**

Usuários	Aplicando ordem dos critérios (MAH 1)							Aplicando ordem dos critérios (MAH 3)						
	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	2	1	2	2	2	4	3	2	1	1	2	2	2	4
2	1	3	1	3	4	3	4	1	3	2	3	1	4	3
3	3	4	4	4	1	2	2	3	4	3	4	4	3	2
4	4	2	3	1	3	1	1	4	2	4	1	3	1	1

Dec = Decisor

**5.1.1.4.10 Comparação entre os Métodos MAH 1 -P e MAH 3-P**

A Tabela 5.17 mostra os resultados das ordenações obtidas através dos métodos (MAH 1) e (MAH 3), com aplicação direta dos pesos. Neste caso, acontecem repetições nas ordenações para os decisores 3 e 6.

Observação: No método MAH 3 as igualdades acontecem nas ordenações para os decisores 1-3-4.

**Tabela 5.17 – Comparação dos Métodos MAH 1 -P com MAH 3-P**

Usuários	Aplicando pesos (MAH 1)							Aplicando pesos (MAH 3)						
	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	4
2	3	1	1	1	4	4	4	1	2	1	1	1	4	2
3	4	4	3	4	1	3	1	3	3	3	3	4	3	3
4	1	3	4	3	3	1	3	4	4	4	4	3	1	1

Dec = Decisor

#### 5.1.1.4.11 Comparação entre os Métodos MAH 2 -OC e MAH 3-OC

A Tabela 5.18 mostra os resultados da comparação das ordenações obtidas através dos resultados obtidos pelos métodos (MAH 2) e (MAH 2) com ordenamento dos critérios. Neste caso, verifica-se que a repetição só não acontece na ordenação para o decisor 5, sendo repetida nos demais.

**Tabela 5.18 – Comparação dos Métodos MAH 2 -OC com MAH 3-OC**

Usuários	Aplicando ordem dos critérios (MAH 2)							Aplicando ordem dos critérios (MAH 3)						
	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	2	1	1	2	2	2	4	2	1	1	2	2	2	4
2	1	3	2	3	4	4	3	1	3	2	3	1	4	3
3	3	4	3	4	3	3	2	3	4	3	4	4	3	2
4	4	2	4	1	1	1	1	4	2	4	1	3	1	1

Dec = Decisor

#### 5.1.1.4.12 Comparação entre os Métodos MAH 2 -P e MAH 3-P

A Tabela 5.19 mostra os resultados das ordenações obtidas através dos métodos (MAH 2) e (MAH 3), com aplicação direta dos pesos. Neste caso acontecem repetições nas ordenações para os decisores 1, 2, 5 e 6.

**Tabela 5.19 – Comparação dos Métodos MAH 2 -P com MAH 3-P**

Usuários	Aplicando pesos (MAH 2)							Aplicando pesos fixos (MAH 3)						
	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	4
2	1	2	1	4	1	4	4	1	2	1	1	1	4	2
3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3
4	4	4	3	1	3	1	1	4	4	4	4	3	1	1

Dec = Decisor

### 5.1.2 Aplicação da Análise Multi-decisores

Para realização desta etapa a aplicação do VIP Analysis será feita através da utilização de 3 métodos para análise multi-decisor, denominados de MMD 1, MMD 2 e MMD 3, os quais terão como objetivo levar em consideração, de forma conjunta, as preferências de todos os decisores, a fim de prover uma única solução em termos de estabelecimento de prioridades de atendimento às demandas dos usuários de água.

Para realizar esta análise poderão ser utilizados os resultados obtidos através dos métodos 2 ou 3 com ordenamento dos critérios (MAH 2-OC) ou (MAH 3-OC), pois forneceram resultados muito parecidos, conforme foi mostrado na Tabela 5.17. Neste caso, para esta etapa, serão adotados os valores obtidos pelo MAH 2-OC, conforme mostrou a Tabela 5.4.

Para dar continuidade ao problema, será utilizada a matriz de avaliação da Tabela 5.1 e serão geradas mais duas matrizes, a da Tabela 5.20 que foi alimentada com os pesos fornecidos pelos decisores e a matriz 5.21, que é uma matriz transposta da Tabela 5.20.

**Tabela 5.20 – Matriz de avaliação com os pesos dos decisores para os critérios**

Alternativas / Critérios	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
Decisor 1	0,20	0,70	0,10	0,70	0,30	0,40	0,60	0,70	0,30
Decisor 2	0,70	0,10	0,20	0,60	0,40	0,70	0,30	0,65	0,35
Decisor 3	0,20	0,50	0,30	0,40	0,60	0,70	0,30	0,70	0,30
Decisor 4	0,40	0,50	0,10	0,70	0,30	0,65	0,45	0,40	0,60
Decisor 5	0,40	0,35	0,25	0,45	0,55	0,40	0,60	0,45	0,55
Decisor 6	0,20	0,70	0,10	0,20	0,80	0,20	0,80	0,20	0,80
Decisor 7	0,70	0,20	0,10	0,70	0,30	0,45	0,55	0,55	0,45

Ci = Critério i

**Tabela 5.21 – Matriz transposta da Tabela 5.20**

Alternativas / Critérios	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 4	Dec 5	Dec 6	Dec 7
<b>Critério 1</b>	0,2	0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,7
<b>Critério 2</b>	0,7	0,1	0,5	0,5	0,4	0,7	0,2
<b>Critério 3</b>	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1
<b>Critério 4</b>	0,7	0,6	0,4	0,7	0,5	0,2	0,7
<b>Critério 5</b>	0,3	0,4	0,6	0,3	0,6	0,8	0,3
<b>Critério 6</b>	0,4	0,7	0,7	0,7	0,4	0,2	0,5
<b>Critério 7</b>	0,6	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	0,6
<b>Critério 8</b>	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5	0,2	0,6
<b>Critério 9</b>	0,3	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,5

Dec j = Decisor j

A seguir apresentam-se a descrição e utilização dos métodos MMD 1, MMD 2 e MMD 3 através da aplicação multi-decisor do VIP Analysis.

#### 5.1.2.1 Aplicação do método multi-decisor 1 (MMD 1)

Neste caso considera-se como entradas a matriz de avaliação da Tabela 5.20, onde se obtém a média dos pesos atribuídos pelos decisores para cada critério, que é calculado através das expressões 5.8 e 5.9. Os resultados são mostrados na Tabela 5.22. A partir das

médias obtém-se a ordem de prioridades para os critérios fornecidos pelos decisores, conforme apresentado na expressão 5.10.

$$Sc = \sum_{j=1}^7 C_{ij} \quad (5.8)$$

$$Mc_i = \frac{Sc_i}{7} \quad (5.9)$$

Onde:

Sc<sub>i</sub> = Somatório dos *i* critérios

C<sub>ij</sub> = Sub critério *j* do Critério *i*

Mc<sub>i</sub> = Média do critério *i*

**Tabela 5.22 – Cálculo das médias dos critérios**

Decisores / Critérios	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
Decisor 1	0,20	0,70	0,10	0,70	0,30	0,40	0,60	0,70	0,30
Decisor 2	0,70	0,10	0,20	0,60	0,40	0,70	0,30	0,65	0,35
Decisor 3	0,20	0,50	0,30	0,40	0,60	0,70	0,30	0,70	0,30
Decisor 4	0,40	0,50	0,10	0,70	0,30	0,65	0,45	0,40	0,60
Decisor 5	0,40	0,35	0,25	0,45	0,55	0,40	0,60	0,45	0,55
Decisor 6	0,20	0,70	0,10	0,20	0,80	0,20	0,80	0,20	0,80
Decisor 7	0,70	0,20	0,10	0,70	0,30	0,45	0,55	0,55	0,45
<b>Total</b>	<b>2,8</b>	<b>3,05</b>	<b>1,15</b>	<b>3,75</b>	<b>3,25</b>	<b>3,5</b>	<b>3,6</b>	<b>3,65</b>	<b>3,35</b>
<b>Média</b>	<b>0,40</b>	<b>0,44</b>	<b>0,16</b>	<b>0,54</b>	<b>0,46</b>	<b>0,50</b>	<b>0,51</b>	<b>0,52</b>	<b>0,48</b>

C<sub>i</sub> = Critério

$$k4 > k8 > k7 > k6 > k9 > k5 > k2 > k1 > k3 \quad (5.10)$$

A partir deste ponto é utilizado o VIP para a matriz de avaliação mostrada na Tabela 5.1 e a ordem de prioridade para os critérios da pela Expressão 5.8 para as constantes de escala. De acordo com o método MMD 1, a ordenação escolhida, foi a seguinte: **2 → 3 → 4 → 1**.

### 5.1.2.2 Aplicação do método multi-decisor 2 (MMD 2)

A partir da Tabela 5.4, mostrada no item 5.2.2 deste capítulo, será gerada a Tabela 5.23, na qual são mostrados os resultados da colocação dos usuários de acordo com a preferência de cada decisor. O preenchimento das linhas e colunas será efetuado de acordo com a ordem de prioridade dos decisores, tomando como base sua colocação de acordo com a equação 5.11.

$$L_i C_j = U_i D_j \quad (5.11)$$

Onde:

L<sub>i</sub>C<sub>j</sub> = Linha *i* Coluna *j*, com *i* variando de 1 a 4 e *j* variando de 1 a 7

U<sub>i</sub>D<sub>j</sub> = Colocação do Usuário *i* de acordo com o Decisor *j*

**Tabela 5. 23 – Posição de classificação dos usuários de acordo com a Tabela 5.4**

Usr	Ordem de Classificação							Total
<b>1</b>	2	1	1	4	4	4	4	<b>20</b>
<b>2</b>	1	4	2	1	1	1	3	<b>13</b>
<b>3</b>	3	2	3	2	3	3	2	<b>18</b>
<b>4</b>	4	3	4	3	2	2	1	<b>19</b>

A prioridade de atendimento às demandas dos usuários da água será fornecida pela ordem decrescente do valor da soma das classificações de cada usuário segundo as preferências de cada decisor. De acordo com a Tabela 5.23 a ordenação final será da seguinte maneira: **2 → 3 → 4 → 1**

### 5.1.2.3 Aplicação do método multi-decisor 3 (MMD 3)

Para este método, o VIP Analysis é aplicado em dois estágios: um para estabelecer uma ordem de importância para os critérios, levando -se em consideração as preferências de todos os decisores, e outro para a ordenação do atendimento as demandas de água dos usuários. Na primeira fase utiliza-se como matriz de avaliação a matriz transposta mostrada na Tabela 5.8, ou seja, os critérios (que serão ordenados) passam a ser as ‘alternativas’, os decisores passam a ser os ‘critérios’, as preferências dos decisores compõem a matriz de avaliação e os pesos dos ‘critérios’ foram tomados como iguais, ou seja, a opinião de cada decisor tem o mesmo peso. Utilizando esta matriz de avaliação no VIP Analysis e considerando o somatório para os pesos igual a 1, obtém -se uma nova ordenação para expressar a importância dos critérios. Com essa ordenação dos critérios o VIP Analysis será mais uma vez utilizado, agora com a matriz de avaliação da Tabela 5.1. O resultado para este método será adotada como sendo o escolhido para a alocação de água. A ordenação escolhida, de acordo com o MMD 3 foi a seguinte: **2 → 3 → 4 → 1**

### 5.1.2.4 – Resumo dos métodos multi-decisores

De acordo com os três métodos utilizados para escolha de uma ordenação de prioridade a adotar entre 4 usuários de água, observa -se que aconteceram semelhanças nas preferências, nos resultados dos 3 métodos aplicados, sendo portanto, considerada a ordenação final a média dos resultados obtidos, conforme mostra a Tabela 5.12.

**Tabela 5.24 – Resultados das ordenações de prioridades obtidas pelos métodos multi - decisores**

<b>Métodos</b>	<b>Ordenação a adotar</b>
<b>MMD 1</b>	<b>2 &gt; 3 &gt; 4 &gt; 1</b>
<b>MMD 2</b>	<b>2 &gt; 3 &gt; 4 &gt; 1</b>
<b>MMD 3</b>	<b>2 &gt; 3 &gt; 4 &gt; 1</b>
<b>FINAL</b>	<b>2 &gt; 3 &gt; 4 &gt; 1</b>

### **5.1.3 Estudo de Caso - Aplicação na bacia do Rio Piranhas Açú**

Escolheu-se a bacia do rio Piranhas Açú porque, desde 2003, a ANA vem desenvolvendo estudos nesta bacia com a implantação do Marco Regulatório em 2004, tendo acumulado um rico acervo de informações sobre ela. Além disso, destaca-se o estágio de implementação da política de recursos hídricos na bacia do rio Piranhas Açú. Também por estar em processo de implantação o comitê já está com uma Diretoria Provisória. Compete à Diretoria Provisória, de acordo com o estabelecido na Resolução CNRH nº 05 de 10/04/2000, coordenar o processo de instalação do Comitê de bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açú.

Nesse sentido, a Diretoria criou um Grupo de Apoio, formado por representantes do poder público, usuários e sociedade civil, com objetivo de prestar suporte operacional ao processo. O Grupo de Apoio tem se reunido periodicamente para fazer os preparativos e acompanhar a execução do Plano de Instalação do CBH -Piranhas-Açú.

Portanto, o estudo de metodologias de alocação com estabelecimentos de prioridades de concessão de outorgas, que consigam caracterizar melhor o uso da água, torna-se importante para uma fase posterior da implantação do comitê, que será implantado, quando ocorrerá a discussão e escolha da metodologia definitiva ou dos critérios a serem levados em consideração.

#### **5.1.3.1 Aplicação da metodologia para o trecho 2 do sistema Curema -Açú**

Para a aplicação da metodologia de alocação proposta neste trabalho para o trecho 2 do Sistema Curema-Açú, considerou-se o volume útil dos reservatórios Curema-Mãe d'Água como único e igual ao menor volume acumulado em sua série histórica. Neste caso, a demanda dos usuários é muito maior que a disponibilidade hídrica destes reservatórios.



A alocação dos recursos hídricos, segundo o modelo estudado, é baseada em princípios técnicos, econômicos, sociais e ambientais que visam maximizar os critérios desenvolvidos na bacia como um todo. No estudo da bacia do rio Piranhas Açu, onde há diversos usuários de irrigação difusa localizados em diferentes pontos da bacia, a aplicação da metodologia foi realizada através do VIP Analysis descrito no capítulo IV.

Neste caso, o método VIP Analysis foi alimentado através de uma matriz de avaliação com os dados dos critérios e sub-critérios já definidos: identificação do usuário, sistema de irrigação, informações sobre a conservação do solo, reserva hídrica existente na propriedade, geração de emprego por unidade de volume de água adquirido, grau de dependência hídrica, eficiência econômica, grau de escolaridade do chefe da família, nível de potencial poluidor e nível de desmatamento.

A Figura 5.26 mostra a evolução do volume útil armazenado nos açudes Curema - Mãe-d'Água, considerando que a afluência é igual à vazão natural histórica. O ponto em que o volume útil alcançou o menor valor observado foi em 07 de janeiro de 2000, atingindo o volume total de 467.235.000 m<sup>3</sup>, na cota 234,07 m, totalizando 34,4 % de sua capacidade máxima. Como nestas condições, a água disponível não é suficiente para atender os usos para irrigação, além da produção de energia gerada pela CHESF, caracteriza-se uma situação de racionamento. Neste caso, algum critério de alocação deve ser adotado. Por esta razão, optou-se por testar a aplicação do modelo proposto para o período de julho a dezembro de 1999, pois conforme pode -se observar é o pior cenário de armazenamento de água do açude responsável pela regularização dos rios Piancó e Piranhas.



**Figura 5.26 – Evolução do volume armazenado no Açude Curema Mãe -d'Água**

### 5.1.3.2 Aplicação da Análise Hierárquica com Ordenação dos Critérios

Conforme descrito no Capítulo IV, para o método de agregação aditiva VIP Analysis foi gerada uma matriz de avaliação, a partir das informações dos 145 usuários de irrigação difusa do Sistema Curema-Açu que fazem parte do trecho 2 (Quadro 5.1).

Foram gerados cenários decisórios através da aplicação dos métodos de análise hierárquica com ordenação dos critérios (MAH-OC), isto é, os pesos foram considerados variáveis, onde foram fornecidas as ordenações dos critérios para cada decisor e também os pesos foram fornecidos diretamente. A partir do V IP Analysis, com utilização da matriz de avaliação mostrada na Tabela 5.25, foram realizadas análises hierárquicas através dos 3 métodos: (MAH 1, MAH 2 e MAH 3). Os critérios foram transformados em uma escala numérica obedecendo aos padrões de entrada do V IP Analysis, onde os valores ficaram no intervalo entre zero e um (0 – 1).

**Quadro 5.1 – Usuários de água (uso para irrigação difusa)**

Usuário	Município	Coordenada UTM (m)		Demanda (m³/s)
		N	E	
1	Coremas	9224450	616226	0,0361
2	Coremas	9223714	612190	0,0243
3	Coremas	9223638	612083	0,0481
4	Coremas	9223638	612083	0,0481
5	Coremas	9223638	612083	0,0482
6	Coremas	9224804	616470	0,0243
7	Coremas	9223638	612083	0,0241
8	Coremas	9232375	622913	0,0258
9	Coremas	9221980	615931	0,0248
10	Coremas	9228560	616475	0,0122
11	Coremas	9223638	612083	0,0481
12	Coremas	9223638	612083	0,0258
13	Coremas	9223638	612083	0,0241
14	Coremas	9223638	612083	0,0242
15	Coremas	9223638	612083	0,0481
16	Coremas	9223638	612083	0,0242
17	Coremas	9221594	608528	0,0194
18	Coremas	9223638	612083	0,0481
19	Coremas	9242932	628940	0,0969
20	Coremas	9243250	628618	0,1936
21	Cajazeirinhas	9230300	619228	0,0723
22	Cajazeirinhas	9232666	623311	0,0154
23	Cajazeirinhas	9230758	623058	0,0626
24	Cajazeirinhas	9230136	618281	0,0961
25	Cajazeirinhas	9230154	616800	0,0484
73	Pombal	9239082	626913	0,1446
74	Pombal	9239032	626901	0,0123
75	Pombal	9239964	627111	0,0968
76	Pombal	9240394	627604	0,049
77	Pombal	9240712	627784	0,0677
78	Pombal	9243704	627863	0,0726
79	Pombal	9244622	628198	0,0285
80	Pombal	9244956	628336	0,1948
81	Pombal	9252910	613590	0,1084
82	Pombal	9246198	628889	0,1935
83	Pombal	9247836	630044	0,2378
84	Pombal	9247120	629701	0,1133
85	Pombal	9255492	632251	0,037
86	Pombal	9253552	631767	0,0504
87	Pombal	9246872	629522	0,1933
88	Pombal	9251176	631708	0,2604
89	Pombal	9239914	627386	0,0761
90	Pombal	9246014	632680	0,0502
91	Pombal	9231240	620276	0,033
92	Pombal	9231172	620178	0,0648
93	Pombal	9264820	630107	0,0971
94	Cajazeirinhas	9236944	625109	0,1202
95	Cajazeirinhas	9237046	625556	0,0965
96	Cajazeirinhas	9237590	626656	0,0243
97	Cajazeirinhas	9237500	626656	0,0962

Continuação do Quadro 5.1

Usuário	Município	Coordenada UTM (m)		Demanda (m³/s)	Usuário	Município	Coordenada UTM (m)		Demanda (m³/s)
26	Cajazeirinhas	9229964	617506	0,0243	98	Cajazeirinhas	9235958	624248	0,0242
27	Cajazeirinhas	9232038	622361	0,0727	99	Cajazeirinhas	9236760	624690	0,0724
28	Cajazeirinhas	9232490	623054	0,0363	100	São Bentinho	9241166	629074	0,0903
29	Cajazeirinhas	9232506	623062	0,0183	101	Cajazeirinhas	9234988	624451	0,0193
30	Cajazeirinhas	9229973	617448	0,0278	102	Cajazeirinhas	9235182	624106	0,1207
31	Cajazeirinhas	9229892	617140	0,0243	103	Cajazeirinhas	9234578	624125	0,1448
32	Cajazeirinhas	9230138	617862	0,0243	104	Cajazeirinhas	9234578	624123	0,0482
33	Pombal	9254336	632084	0,2778	105	Cajazeirinhas	9234086	623840	0,0169
34	Pombal	9230178	617747	0,0124	106	Cajazeirinhas	9232086	623840	0,0243
35	Pombal	9230276	618244	0,0614	107	Cajazeirinhas	9234988	624451	0,0363
36	Pombal	9230208	618150	0,0481	108	Cajazeirinhas	9240384	627814	0,0919
37	Pombal	9230470	617230	0,0729	109	Cajazeirinhas	9240476	622831	0,0389
38	Pombal	9229591	616551	0,0484	110	Cajazeirinhas	9239044	627027	0,0678
39	Pombal	9229600	616559	0,1232	111	Cajazeirinhas	9237448	626551	0,0482
40	Pombal	9230003	618100	0,0171	112	São Bentinho	9240936	628840	0,1939
41	Cajazeirinhas	9233172	622699	0,0368	113	Cajazeirinhas	9237724	626686	0,0484
42	Cajazeirinhas	9233888	622949	0,0729	114	Cajazeirinhas	9240208	627646	0,0677
43	Cajazeirinhas	9233658	623033	0,0485	115	Cajazeirinhas	9239566	627307	0,0139
44	Cajazeirinhas	9240874	628494	0,0485	116	Cajazeirinhas	9234180	623982	0,0246
45	Pombal	9230330	617460	0,0482	117	Cajazeirinhas	9234082	623837	0,0485
46	Pombal	9231538	620997	0,0245	118	Cajazeirinhas	9235902	624244	0,0242
47	Pombal	9231578	621171	0,0251	119	Cajazeirinhas	9235902	620624	0,0961
48	Pombal	9231476	620840	0,0244	120	Cajazeirinhas	9235902	624244	0,0483
49	Pombal	9231638	621286	0,0124	121	Cajazeirinhas	9235908	624244	0,0481
50	Pombal	9231692	621397	0,0485	122	Cajazeirinhas	9235902	624244	0,1016
51	Pombal	9231730	621473	0,0124	123	Pombal	9243492	628352	0,0638
52	Pombal	9231832	621739	0,0484	124	Cajazeirinhas	9236942	625108	0,0602
53	Pombal	9231810	621653	0,0481	125	Cajazeirinhas	9231523	621141	0,1208
54	Pombal	9231922	621944	0,0484	126	Cajazeirinhas	9240450	628564	0,0488
55	Pombal	9231976	622109	0,0483	127	Pombal	9244376	628109	0,0491
56	Pombal	9231994	622133	0,1202	128	Pombal	9246952	629628	0,0668
57	Pombal	9232194	622541	0,1064	129	Pombal	9246642	629499	0,0961
58	Pombal	9232272	622678	0,0482	130	Pombal	9250106	631249	0,0243
59	Pombal	9232324	622754	0,0483	131	Pombal	9249152	630755	0,2287
60	Pombal	9232878	622805	0,0244	132	Pombal	9243516	628305	0,0879
61	Pombal	9232972	622659	0,0243	133	Pombal	9245860	628824	0,2408
62	Pombal	9233004	622662	0,0122	134	Pombal	9237082	625051	0,0725
63	Pombal	9233216	622559	0,0606	135	Pombal	9246748	629508	0,0324
64	Pombal	9233868	622710	0,0292	136	Pombal	9230439	619266	0,0174
65	Pombal	9235838	624208	0,0624	137	Pombal	9241146	629011	0,0563
66	Pombal	9236172	624248	0,1927	138	Pombal	9233866	622728	0,0159
67	Pombal	9236458	624348	0,1547	139	Pombal	9232186	622519	0,0402
68	Pombal	9237044	624960	0,0481	140	Pombal	9233499	622498	0,0225
69	Pombal	9236938	624786	0,2404	141	Pombal	9238914	626851	0,0787
70	Pombal	9237094	625622	0,1446	142	Pombal	9232223	622596	0,081
71	Pombal	9238956	626873	0,0723	143	Pombal	9231815	621764	0,0751
72	Pombal	9238820	626818	0,0435	144	Pombal	9230455	619285	0,0133
					145	Pombal	9229992	617201	0,0852

Fonte, ANA (2008)

**Tabela 5.25 – Matriz de avaliação para 145 usuários**

Usuários / Critérios	Técnico			Econômico		Social		Ambiental	
	Eficiência	Conservação do Solo	Reserva hídrica	Eficiência Econômica	Grau de Dependência Hídrica	Geração de Emprego	Grau de Escolaridade	Potencial Poluidor	Desmatamento
1	0,65	0,75	0,25	0,49	0,48	0,45	0,50	0,50	1,00
2	0,68	1,00	0,50	0,41	0,73	0,14	0,50	0,25	0,50
3	0,65	0,75	0,75	0,68	0,32	0,28	0,75	0,50	0,25
4	0,65	0,50	0,75	0,57	0,55	0,08	1,00	0,25	0,25
5	0,65	1,00	0,25	0,95	0,60	0,45	0,50	0,50	0,25
6	0,65	0,75	0,25	0,01	0,70	0,51	0,50	1,00	0,75
7	0,43	0,25	0,25	0,02	0,19	0,32	0,50	1,00	0,75
8	0,65	0,50	0,25	0,05	0,42	0,53	0,75	1,00	0,75
9	0,65	0,50	0,75	0,05	0,44	0,11	0,50	0,50	0,25
10	0,65	0,75	0,75	0,37	0,60	0,58	0,25	0,50	0,25
11	0,65	0,75	0,25	0,01	0,70	0,26	0,50	0,50	0,75
12	0,65	0,75	0,25	0,04	0,39	0,28	0,75	0,50	0,75
13	0,65	0,50	0,25	0,04	0,42	0,20	0,25	0,50	1,00
14	0,65	0,50	0,25	0,05	0,56	0,18	0,25	0,50	1,00
15	0,65	0,25	0,25	0,01	0,28	0,48	0,50	0,50	1,00
16	0,65	0,50	0,25	0,35	0,35	0,63	0,25	0,25	0,25
17	0,4	0,50	0,25	0,10	0,70	0,87	0,75	0,25	0,50
18	0,65	0,75	0,25	0,00	0,28	0,12	0,50	0,50	0,50
19	0,4	0,75	0,25	0,02	0,28	0,32	0,50	0,50	0,25
20	0,4	0,75	0,25	0,14	0,46	0,95	0,50	0,75	0,75
21	0,7	0,50	0,25	0,04	0,42	0,74	1,00	0,75	0,75
22	0,65	0,50	0,25	0,24	0,49	1,27	0,25	0,75	0,75
23	0,65	0,25	0,50	0,04	0,45	0,50	0,50	1,00	0,75
24	0,55	1,00	0,50	0,13	0,70	1,07	0,50	0,25	0,50
25	0,65	1,00	0,25	1,11	0,60	0,32	0,25	1,00	0,50
26	0,65	0,50	0,25	0,40	0,35	1,86	0,50	1,00	0,50
27	0	0,25	0,25	0,14	0,46	1,67	0,50	0,50	0,25
28	0,65	0,25	0,25	0,14	0,46	0,95	0,50	0,25	0,25
29	0,4	0,25	0,25	0,30	0,49	3,47	0,50	1,00	0,50
30	0,4	0,50	0,25	0,02	0,28	0,50	0,50	0,25	0,50
31	0,65	0,50	0,25	0,42	0,35	0,28	0,50	0,25	0,25
32	0,4	0,75	0,25	0,14	0,46	0,95	0,50	0,25	1,00
33	0,65	0,50	0,25	0,16	0,37	0,98	0,25	0,25	1,00
34	0,65	0,75	0,25	0,01	0,70	0,09	0,25	1,00	1,00
35	0,65	0,75	0,25	0,01	0,70	0,13	0,50	1,00	1,00
36	0,65	0,75	0,25	0,75	0,47	0,23	0,25	1,00	0,75
37	0,4	1,00	0,25	0,02	0,28	0,80	0,25	0,75	0,75
38	0,4	1,00	0,25	0,40	0,70	0,90	0,25	0,25	0,75
39	0,69	0,50	0,25	0,70	0,64	0,66	0,25	0,75	0,50
40	0,65	0,25	0,25	0,44	0,70	0,19	0,25	0,25	0,75
41	0,65	0,25	0,25	0,01	0,70	0,06	0,25	1,00	0,25
42	0,65	0,75	0,25	0,53	0,70	0,11	0,25	1,00	1,00
43	0,65	0,75	0,25	0,06	0,49	1,14	0,50	1,00	1,00
44	0,65	0,75	0,25	0,13	0,49	3,74	0,50	0,50	0,75
45	0,65	1,00	0,25	0,23	0,70	1,58	0,50	0,50	0,75
46	0,65	1,00	0,25	0,12	0,49	3,81	0,50	0,50	0,50
47	0,65	0,75	0,25	0,33	0,46	0,58	0,50	0,50	0,50

Continuação da Tabela 5.25

48	0,65	0,50	0,25	0,22	0,70	4,77	0,50	0,75	1,00
49	0,65	0,50	0,25	0,03	0,49	0,34	0,50	0,75	0,75
50	0,65	0,25	0,25	0,02	0,28	0,50	0,50	0,75	0,50
51	0,65	0,50	0,25	0,02	0,28	0,25	0,50	0,75	0,25
52	0,65	0,75	0,25	0,01	0,70	0,13	0,50	1,00	0,75
53	0,65	1,00	0,75	0,41	0,36	0,12	0,25	1,00	0,75
54	0,65	0,75	0,75	0,17	0,58	0,21	0,50	0,25	0,75
55	0,65	0,75	0,25	0,02	0,28	0,32	0,50	1,00	1,00
56	0,65	0,75	0,25	0,03	0,49	0,17	0,50	1,00	1,00
57	0,65	0,75	0,25	0,15	0,28	0,63	0,50	1,00	1,00
58	0,65	0,25	0,25	0,02	0,28	0,50	0,50	1,00	1,00
59	0,65	0,25	0,25	0,12	0,49	2,54	0,50	0,75	0,75
60	0,65	0,25	0,25	0,22	0,70	0,95	0,50	0,75	1,00
61	0,65	0,75	0,25	0,03	0,46	0,30	0,50	0,75	1,00
62	0,65	0,75	1,00	0,19	0,52	0,13	0,50	0,75	0,75
63	0,65	0,75	1,00	0,24	0,49	0,09	0,50	0,75	0,75
64	0,61	0,50	0,50	0,17	0,72	0,09	0,50	0,75	1,00
65	0,65	0,50	0,75	0,02	0,28	0,25	0,25	0,75	0,25
66	0,65	1,00	0,50	0,01	0,70	0,01	0,50	0,75	0,50
67	0,65	1,00	0,75	0,05	0,56	0,15	0,25	1,00	0,50
68	0,65	0,75	0,25	0,02	0,42	0,13	0,50	1,00	0,50
69	0,65	0,75	0,25	0,13	0,51	0,44	0,50	0,50	0,50
70	0,43	0,50	0,75	0,05	0,56	0,10	0,50	0,50	0,75
71	0,65	0,75	0,75	0,02	0,28	0,45	0,50	0,75	0,75
72	0,65	0,75	0,25	0,12	0,60	0,18	0,50	0,50	0,50
73	0,65	0,50	0,25	0,11	0,35	1,96	0,50	0,75	0,50
74	0,59	1,00	0,25	0,24	0,49	0,22	0,50	0,50	0,75
75	0,65	0,75	0,25	0,11	0,42	0,39	0,50	1,00	1,00
76	0,65	0,50	0,25	0,21	0,64	0,24	0,50	1,00	1,00
77	0,65	1,00	1,00	0,07	0,59	0,15	1,00	0,50	0,75
78	0,65	1,00	0,75	0,22	0,70	0,04	1,00	0,50	0,75
79	0,76	1,00	0,50	0,15	0,25	0,15	0,50	0,75	1,00
80	0,61	1,00	0,25	0,32	0,64	0,04	0,50	0,75	0,75
81	0,8	0,50	0,50	0,14	0,53	0,30	0,50	0,75	0,50
82	0,48	0,25	0,75	0,25	0,56	0,57	0,50	0,50	0,50
83	0,65	0,25	0,25	0,01	0,70	0,38	0,50	0,50	0,50
84	0,65	1,00	0,50	0,12	0,65	0,13	0,50	1,00	0,50
85	0,4	0,75	0,75	0,11	0,70	0,10	0,25	1,00	1,00
86	0,65	0,75	0,25	0,16	0,43	0,44	0,25	0,25	1,00
87	0,67	1,00	0,25	0,12	0,49	0,41	0,25	0,75	0,75
88	0,65	1,00	0,25	0,26	0,60	0,49	0,25	0,75	0,25
89	0,65	0,75	0,25	0,10	0,70	0,33	0,25	0,75	0,50
90	0,65	0,75	0,75	0,25	0,60	0,27	0,50	0,75	0,50
91	0,65	0,50	0,25	0,11	0,70	0,55	0,50	0,50	0,75
92	0,65	0,50	0,25	0,23	0,62	0,34	0,25	0,75	0,75
93	0,56	0,25	0,25	0,55	0,82	0,06	0,50	0,50	0,75
94	0,65	0,25	0,25	0,42	0,45	0,10	0,50	1,00	1,00
95	0,65	0,50	0,25	0,03	0,49	0,08	0,50	0,50	1,00
96	0,65	0,50	0,25	0,10	0,49	0,37	0,25	1,00	0,75
97	0,4	0,50	0,25	0,11	0,70	0,13	0,50	1,00	0,75
98	0,65	0,50	0,25	0,02	0,28	0,50	0,50	1,00	0,75

Continuação da Tabela 5.25

99	0,65	0,50	0,25	0,14	0,56	0,08	1,00	0,75	0,75
100	0,65	0,75	0,25	0,10	0,70	0,00	0,25	0,75	1,00
101	0,4	0,75	0,25	0,11	0,70	0,43	0,50	0,75	0,75
102	0,65	0,75	0,25	0,11	0,70	0,03	0,50	1,00	1,00
103	0,65	0,75	0,25	0,03	0,56	0,03	0,50	0,50	1,00
104	0,36	1,00	0,25	0,15	0,25	0,13	0,25	0,50	1,00
105	0,4	1,00	0,25	0,02	0,28	0,50	0,50	0,50	0,50
106	0,65	0,50	0,50	0,00	0,28	0,47	0,50	0,50	0,50
107	0,43	0,50	1,00	0,13	0,56	0,14	0,50	0,75	0,50
108	0,65	0,50	0,50	0,11	0,70	0,14	0,50	0,75	0,50
109	0,65	0,25	0,25	0,03	0,54	0,64	0,50	1,00	0,50
110	0,67	0,25	0,25	0,43	0,65	0,07	0,25	1,00	0,25
111	0,65	0,25	0,25	0,31	0,35	1,22	0,25	0,25	0,25
112	0,76	0,25	0,25	0,31	0,21	0,71	0,25	0,75	1,00
113	0,65	0,75	0,25	0,14	0,60	0,49	0,50	0,75	1,00
114	0,62	0,75	0,25	0,34	0,65	0,15	0,25	1,00	0,75
115	0,4	0,75	0,50	0,41	0,70	0,72	0,25	0,50	1,00
116	0,65	0,50	0,50	0,01	0,70	0,51	0,25	1,00	0,75
117	0,65	0,50	0,75	0,03	0,49	0,17	0,50	0,50	0,50
118	0,65	0,50	0,75	0,02	0,28	0,50	0,50	1,00	0,75
119	0,65	0,50	0,25	0,01	0,70	0,06	0,50	0,75	0,50
120	0,65	0,50	0,75	0,03	0,49	0,34	0,50	0,75	0,75
121	0,65	0,50	0,25	0,02	0,28	0,50	0,50	0,50	1,00
122	0,4	0,25	0,25	0,00	0,28	0,04	0,25	0,75	1,00
123	0,65	0,25	0,50	0,31	0,37	0,37	0,25	0,50	1,00
124	0,65	0,25	0,25	0,14	0,28	0,66	0,25	0,50	1,00
125	0,65	0,75	0,25	0,00	0,28	0,44	0,25	1,00	1,00
126	0,65	0,50	0,25	0,13	0,55	0,74	0,25	0,75	0,75
127	0,65	0,25	0,25	0,30	0,61	0,07	0,50	0,75	0,75
128	0,65	1,00	0,25	0,01	0,70	0,26	1,00	1,00	1,00
129	0,65	1,00	0,75	0,13	0,64	0,08	0,50	1,00	0,75
130	0,65	0,75	0,25	0,01	0,70	0,04	0,25	0,50	0,50
131	0,65	0,50	0,75	0,10	0,70	0,09	1,00	1,00	0,50
132	0,65	0,50	0,25	0,03	0,56	0,05	0,25	0,50	0,50
133	0,61	0,25	0,25	0,11	0,70	0,04	0,25	0,50	0,75
134	0,65	0,75	0,25	0,11	0,39	0,27	0,50	0,75	0,75
135	0,65	0,75	0,50	0,04	0,44	0,37	0,50	0,75	0,50
136	0,65	0,75	0,50	0,02	0,28	0,17	0,50	0,75	0,75
137	0,65	0,75	0,75	1,00	0,70	0,35	0,25	0,75	0,50
138	0,65	0,75	0,75	0,11	0,70	0,26	0,25	0,75	0,75
139	0,65	0,75	0,25	0,11	0,70	0,15	0,25	0,50	0,50
140	0,65	0,75	0,75	0,11	0,70	0,37	0,25	1,00	1,00
141	0,65	0,75	0,50	0,14	0,67	0,12	0,50	0,50	0,75
142	0,65	0,50	0,25	0,30	0,63	0,12	0,50	1,00	0,75
143	0,65	0,50	0,25	0,01	0,70	0,08	0,25	1,00	0,25
144	0,65	0,50	0,25	0,01	0,70	0,47	0,25	0,50	0,25
145	0,65	0,50	0,25	0,01	0,70	0,07	0,50	1,00	0,50

### 5.1.3.2.1 Resultados Obtidos com a Aplicação dos Métodos de Análise Hierárquica com ordenação dos critérios (OC)

A seguir apresentam-se os resultados da aplicação dos Métodos de Análise Hierárquica através do VIP, para este exemplo, que adotou 7 ordenações relativas as preferências dos decisores. As Tabelas 5.26 a 5.32, mostram os resultados da aplicação dos 3 métodos, com o fornecimento das ordenações finais para cada decisor, bem como uma comparação das ordenações por decisores, destacando o número de usuários que têm repetições nas suas ordens de classificação.

**Tabela 5.26 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 Métodos para o Decisor 1**

Decisor 1 - MAH 1-OC								Decisor 1 - MAH2 -OC								Decisor 1 - MAH3 - OC								
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	
1	51	37	34	73	81	109	5	1	137	37	25	73	47	109	133	1	137	37	23	73	47	109	133	
2	48	38	118	74	91	110	3	2	25	38	112	74	7	110	41	2	25	38	112	74	7	110	41	
3	128	39	61	75	74	111	72	3	42	39	22	75	123	111	77	3	42	39	22	75	123	111	77	
4	25	40	1	76	71	112	46	4	26	40	1	76	89	112	9	4	26	40	1	76	89	112	9	
5	137	41	115	77	121	113	10	5	57	41	63	77	21	113	70	5	57	41	63	77	21	113	70	
6	43	42	80	78	108	114	133	6	36	42	98	78	135	114	14	6	36	42	98	78	135	114	14	
7	60	43	23	79	141	115	139	7	129	43	58	79	61	115	13	7	129	43	58	79	61	115	13	
8	42	44	112	80	47	116	41	8	53	44	60	80	120	116	12	8	53	44	60	80	120	116	12	
9	57	45	22	81	77	117	122	9	140	45	48	81	49	117	117	9	140	45	48	81	49	117	117	
10	140	46	125	82	89	118	117	10	75	46	96	82	136	118	95	10	75	46	96	82	136	118	95	
11	113	47	58	83	103	119	83	11	102	47	97	83	51	119	132	11	102	47	97	83	51	119	132	
12	6	48	98	84	123	120	130	12	76	48	92	84	71	120	103	12	76	48	92	84	71	120	103	
13	36	49	45	85	124	121	135	13	39	49	62	85	37	121	19	13	39	49	62	85	37	121	19	
14	75	50	78	86	95	122	105	14	80	50	68	86	50	122	121	14	80	50	68	86	50	122	121	
15	29	51	21	87	15	123	106	15	85	51	64	87	119	123	105	15	85	51	64	87	119	123	105	
16	35	52	126	88	107	124	18	16	131	52	109	88	66	124	11	16	131	52	109	88	66	124	11	
17	102	53	96	89	68	125	132	17	84	53	115	89	88	125	83	17	84	53	115	89	88	125	83	
18	76	54	109	90	73	126	65	18	43	54	79	90	110	126	15	18	43	54	79	90	110	126	15	
19	26	55	84	91	14	127	27	19	114	55	67	91	82	127	130	19	114	55	67	91	82	127	130	
20	39	56	92	92	88	128	9	20	8	56	20	92	74	128	144	20	8	56	20	92	74	128	144	
21	8	57	97	93	119	129	19	21	142	57	113	93	45	129	18	21	142	57	113	93	45	129	18	
22	131	58	53	94	11	130	144	22	56	58	81	94	78	130	111	22	56	58	81	94	78	130	111	
23	64	59	90	95	12	131	40	23	94	59	99	95	122	131	40	23	94	59	99	95	122	131	40	
24	56	60	120	96	67	132	30	24	55	60	126	96	143	132	106	24	55	60	126	96	143	132	106	
25	116	61	62	97	82	133	33	25	29	61	127	97	10	133	31	25	29	61	127	97	10	133	31	
26	85	62	49	98	110	134	31	26	118	62	93	98	104	134	2	26	118	62	93	98	104	134	2	
27	114	63	93	99	7	135	111	27	128	63	87	99	124	135	16	27	128	63	87	99	124	135	16	
28	142	64	138	100	136	136	86	28	35	64	59	100	141	136	38	28	35	64	59	100	141	136	38	
29	59	65	63	101	66	137	2	29	52	65	145	101	27	137	4	29	52	65	145	101	27	137	4	
30	20	66	100	102	70	138	16	30	6	66	134	102	65	138	54	30	6	66	134	102	65	138	54	
31	99	67	79	103	37	139	4	31	34	67	73	103	69	139	86	31	34	67	73	103	69	139	86	
32	55	68	145	104	13	140	24	32	116	68	138	104	44	140	33	32	116	68	138	104	44	140	33	
33	129	69	134	105	50	141	17	33	3	69	101	105	72	141	32	33	3	69	101	105	72	141	32	
34	101	70	87	106	143	142	32	34	125	70	100	106	46	142	28	34	125	70	100	106	46	142	28	
35	52	71	44	107	104	143	54	35	90	71	107	107	91	143	24	35	90	71	107	107	91	143	24	
36	94	72	127	108	69	144	38	36	5	72	108	108	139	144	17	36	5	72	108	108	139	144	17	
						145	28								145	30							145	30

Col = Colocação; Usr = Usuário; MAH –OC = Método de Análise Hierárquica alimentado com os pesos na ordenação dos critérios.

Tabela 5.27 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 Métodos para o Decisor 2

Decisor 2 - MAH 1-OC								Decisor 2 - MAH2 -OC								Decisor 2 - MAH3 - OC								
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	
1	48	37	1	73	92	109	35	1	48	37	37	73	61	109	35	1	48	37	101	73	19	109	35	
2	44	38	27	74	89	110	52	2	44	38	71	74	144	110	104	2	44	38	125	74	3	110	104	
3	46	39	124	75	25	111	68	3	46	39	101	75	12	111	62	3	46	39	111	75	86	111	62	
4	29	40	37	76	31	112	53	4	29	40	125	76	3	112	53	4	29	40	50	76	12	112	53	
5	59	41	15	77	12	113	18	5	59	41	111	77	86	113	18	5	59	41	28	77	134	113	18	
6	26	42	101	78	3	114	142	6	26	42	91	78	134	114	142	6	26	42	33	78	90	114	142	
7	45	43	5	79	134	115	141	7	45	43	50	79	90	115	141	7	45	43	71	79	31	115	141	
8	43	44	111	80	90	116	42	8	43	44	28	80	31	116	42	8	43	44	17	80	138	116	42	
9	73	45	69	81	128	117	9	9	73	45	33	81	11	117	9	9	73	45	88	81	128	117	9	
10	60	46	28	82	11	118	70	10	60	46	88	82	138	118	70	10	60	46	75	82	30	118	70	
11	22	47	50	83	138	119	94	11	22	47	69	83	128	119	94	11	22	47	10	83	11	119	94	
12	21	48	75	84	65	120	85	12	21	48	75	84	65	120	85	12	21	48	124	84	65	120	85	
13	57	49	10	85	51	121	64	13	57	49	10	85	51	121	34	13	39	49	91	85	51	121	34	
14	8	50	116	86	76	122	131	14	39	50	124	86	76	122	63	14	8	50	87	86	76	122	63	
15	20	51	83	87	36	123	34	15	8	51	87	87	36	123	131	15	20	51	140	87	36	123	131	
16	6	52	106	88	74	124	63	16	20	52	121	88	74	124	64	16	21	52	96	88	74	124	64	
17	118	53	88	89	54	125	129	17	6	53	15	89	54	125	143	17	6	53	135	89	54	125	143	
18	23	54	105	90	13	126	99	18	23	54	140	90	13	126	99	18	118	54	123	90	13	126	99	
19	126	55	135	91	40	127	143	19	118	55	96	91	40	127	129	19	23	55	69	91	40	127	129	
20	58	56	125	92	72	128	4	20	112	56	105	92	72	128	4	20	112	56	137	92	72	128	4	
21	98	57	16	93	14	129	95	21	58	57	106	93	14	129	95	21	58	57	16	93	14	129	95	
22	32	58	120	94	56	130	127	22	98	58	135	94	56	130	145	22	98	58	121	94	56	130	145	
23	24	59	49	95	136	131	110	23	24	59	123	95	136	131	110	23	109	59	92	95	136	131	110	
24	113	60	30	96	117	132	145	24	109	60	137	96	117	132	127	24	24	60	105	96	117	132	127	
25	33	61	87	97	139	133	41	25	17	61	83	97	114	133	41	25	47	61	49	97	114	133	41	
26	115	62	7	98	67	134	119	26	47	62	16	98	79	134	119	26	115	62	120	98	79	134	119	
27	109	63	55	99	114	135	93	27	115	63	92	99	139	135	93	27	126	63	89	99	139	135	93	
28	91	64	86	100	77	136	132	28	113	64	49	100	67	136	132	28	113	64	15	100	67	136	132	
29	112	65	19	101	79	137	133	29	126	65	120	101	77	137	133	29	38	65	106	101	77	137	130	
30	17	66	96	102	108	138	130	30	32	66	89	102	108	138	122	30	5	66	7	102	108	138	133	
31	47	67	140	103	2	139	80	31	82	67	7	103	2	139	130	31	1	67	55	103	2	139	80	
32	38	68	123	104	107	140	78	32	38	68	55	104	107	140	78	32	32	68	25	104	107	140	122	
33	82	69	137	105	104	141	122	33	5	69	25	105	52	141	80	33	27	69	81	105	52	141	78	
34	121	70	81	106	84	142	103	34	1	70	30	106	68	142	103	34	116	70	61	106	68	142	102	
35	39	71	61	107	97	143	102	35	27	71	19	107	97	143	102	35	82	71	83	107	97	143	103	
36	71	72	144	108	62	144	66	36	116	72	81	108	84	144	66	36	37	72	144	108	84	144	66	
						145	100								145	100							145	100

Col = Colocação; Usr = Usuário; MAH -OC = Método de Análise Hierárquica alimentado com os pesos na ordenação dos critérios.



Tabela 5.28 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 Métodos para o Decisor 3

Decisor 3 - MAH 1-OC								Decisor 3 - MAH2 -OC								Decisor 3 - MAH3 - OC								
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	
1	51	37	120	73	12	109	50	1	29	37	55	73	49	109	19	1	29	37	102	73	49	109	19	
2	48	38	52	74	96	110	83	2	48	38	102	74	79	110	122	2	48	38	120	74	79	110	127	
3	29	39	114	75	109	111	72	3	59	39	120	75	69	111	13	3	59	39	52	75	94	111	13	
4	59	40	63	76	97	112	117	4	26	40	52	76	27	112	41	4	26	40	90	76	69	112	122	
5	26	41	34	77	67	113	143	5	43	41	90	77	68	113	3	5	43	41	39	77	27	113	41	
6	128	42	87	78	103	114	93	6	128	42	34	78	107	114	72	6	128	42	34	78	68	114	72	
7	43	43	61	79	92	115	27	7	140	43	142	79	108	115	14	7	140	43	142	79	107	115	14	
8	140	44	142	80	49	116	65	8	73	44	61	80	121	116	117	8	73	44	161	80	108	116	117	
9	73	45	99	81	69	117	5	9	25	45	138	81	10	117	77	9	60	45	138	81	121	117	77	
10	60	46	25	82	68	118	10	10	60	46	87	82	145	118	139	10	57	46	87	82	145	118	139	
11	129	47	101	83	123	119	18	11	57	47	51	83	62	119	104	11	22	47	37	83	82	119	104	
12	57	48	23	84	121	120	144	12	22	48	37	84	105	120	141	12	113	48	51	84	62	120	141	
13	21	49	125	85	77	121	122	13	113	49	44	85	123	121	18	13	53	49	115	85	105	121	18	
14	22	50	94	86	145	122	19	14	53	50	115	86	135	122	70	14	25	50	45	86	135	122	9	
15	113	51	80	87	82	123	139	15	6	51	46	87	63	123	95	15	6	51	44	87	63	123	70	
16	6	52	126	88	108	124	110	16	36	52	45	88	64	124	9	16	21	52	46	88	64	124	95	
17	75	53	90	89	107	125	3	17	21	53	23	89	124	125	93	17	42	53	23	89	124	125	132	
18	85	54	138	90	137	126	41	18	42	54	94	90	99	126	132	18	75	54	125	90	99	126	93	
19	79	55	81	91	89	127	133	19	75	55	125	91	7	127	78	19	20	55	126	91	7	127	78	
20	42	56	37	92	141	128	132	20	85	56	126	92	127	128	133	20	137	56	10	92	15	128	130	
21	35	57	45	93	135	129	130	21	20	57	47	93	15	129	130	21	84	57	47	93	106	129	103	
22	102	58	1	94	70	130	9	22	84	58	91	94	106	130	103	22	85	58	91	94	119	130	133	
23	76	59	47	95	95	131	86	23	76	59	97	95	119	131	17	23	76	59	97	95	80	131	17	
24	20	60	46	96	124	132	32	24	35	60	88	96	5	132	111	24	35	60	88	96	3	132	30	
25	118	61	115	97	105	133	111	25	129	61	58	97	80	133	33	25	129	61	58	97	12	133	32	
26	71	62	44	98	14	134	38	26	118	62	98	98	110	134	38	26	118	62	98	98	110	134	31	
27	8	63	91	99	15	135	40	27	137	63	1	99	12	135	32	27	67	63	5	99	50	135	28	
28	116	64	112	100	88	136	31	28	67	64	134	100	83	136	16	28	71	64	1	100	66	136	16	
29	36	65	58	101	106	137	16	29	71	65	112	101	50	137	28	29	8	65	134	101	65	137	86	
30	64	66	100	102	104	138	28	30	39	66	81	102	65	138	24	30	131	66	112	102	143	138	111	
31	56	67	98	103	78	139	30	31	8	67	109	103	143	139	31	31	36	67	81	103	11	139	33	
32	62	68	134	104	127	140	54	32	116	68	96	104	11	140	30	32	116	68	109	104	83	140	38	
33	84	69	74	105	119	141	2	33	56	69	92	105	66	141	86	33	56	69	96	105	110	141	24	
34	55	70	136	106	13	142	24	34	131	70	136	106	100	142	54	34	114	70	92	106	123	142	54	
35	53	71	11	107	66	143	33	35	114	71	82	107	144	143	40	35	101	71	136	107	144	143	40	
36	131	72	39	108	7	144	17	36	101	72	89	108	74	144	2	36	55	72	89	108	74	144	2	
						145	4																145	4

Col = Colocação; Usr = Usuário; MAH -OC = Método de Análise Hierárquica alimentado com os pesos na ordenação dos critérios.

Tabela 5.29 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 Métodos para o Decisor 4

Decisor 4 - MAH 1-OC								Decisor 4 - MAH2 -OC								Decisor 4 - MAH3 - OC										
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr			
1	137	37	22	73	97	109	61	1	137	37	92	73	134	109	56	1	137	37	92	73	138	109	103			
2	25	38	92	74	75	110	58	2	25	38	45	74	101	110	51	2	25	38	45	74	134	110	7			
3	5	39	45	75	133	111	7	3	5	39	48	75	108	111	118	3	5	39	48	75	102	111	58			
4	36	40	60	76	139	112	105	4	36	40	78	76	102	112	50	4	36	40	78	76	133	112	118			
5	39	41	78	77	102	113	37	5	39	41	60	77	140	113	71	5	39	41	60	77	108	113	98			
6	42	42	48	78	108	114	118	6	42	42	76	78	139	114	65	6	42	42	76	78	140	114	65			
7	1	43	76	79	73	115	71	7	1	43	62	79	73	115	55	7	1	43	62	79	139	115	55			
8	93	44	62	80	91	116	65	8	93	44	54	80	85	116	105	8	93	44	54	80	75	116	136			
9	4	45	54	81	101	117	98	9	4	45	64	81	75	117	58	9	3	45	64	81	91	117	71			
10	110	46	64	82	138	118	68	10	3	46	33	82	97	118	98	10	94	46	33	82	85	118	68			
11	94	47	86	83	134	119	136	11	40	47	86	83	91	119	19	11	40	47	86	83	101	119	51			
12	3	48	33	84	96	120	121	12	4	48	57	84	96	120	136	12	4	48	57	84	97	120	121			
13	40	49	104	85	100	121	19	13	115	49	104	85	17	121	121	13	115	49	104	85	96	121	105			
14	115	50	79	86	89	122	50	14	53	50	79	86	89	122	7	14	53	50	79	86	131	122	30			
15	2	51	57	87	131	123	30	15	2	51	32	87	132	123	68	15	2	51	141	87	17	123	19			
16	38	52	20	88	17	124	55	16	38	52	113	88	100	124	30	16	38	52	81	88	100	124	50			
17	53	53	124	89	77	125	51	17	26	53	99	89	77	125	37	17	26	53	99	89	89	125	37			
18	26	54	141	90	43	126	128	18	110	54	141	90	43	126	144	18	114	54	27	90	77	126	144			
19	10	55	99	91	14	127	116	19	114	55	124	91	14	127	52	19	31	55	124	91	43	127	52			
20	114	56	113	92	67	128	130	20	31	56	27	92	67	128	116	20	47	56	113	92	14	128	116			
21	47	57	32	93	70	129	119	21	47	57	20	93	70	129	6	21	80	57	20	93	67	129	6			
22	80	58	81	94	8	130	145	22	80	58	81	94	8	130	11	22	110	58	32	94	70	130	11			
23	31	59	28	95	9	131	144	23	10	59	28	95	9	131	15	23	10	59	28	95	8	131	119			
24	123	60	27	96	23	132	11	24	123	60	24	96	135	132	128	24	112	60	24	96	9	132	130			
25	16	61	129	97	135	133	6	25	112	61	129	97	23	133	119	25	123	61	129	97	23	133	128			
26	142	62	69	98	12	134	83	26	127	62	107	98	12	134	130	26	16	62	107	98	135	134	145			
27	127	63	44	99	21	135	52	27	16	63	126	99	21	135	145	27	142	63	126	99	12	135	143			
28	29	64	24	100	13	136	143	28	142	64	44	100	13	136	143	28	127	64	44	100	21	136	15			
29	111	65	126	101	109	137	41	29	29	65	69	101	109	137	35	29	29	65	69	101	13	137	35			
30	112	66	107	102	56	138	66	30	111	66	59	102	117	138	34	30	111	66	84	102	132	138	34			
31	88	67	72	103	120	139	35	31	88	67	84	103	61	139	41	31	88	67	46	103	117	139	66			
32	90	68	46	104	132	140	15	32	82	68	87	104	132	140	83	32	82	68	87	104	120	140	41			
33	82	69	87	105	117	141	34	33	90	69	46	105	120	141	66	33	90	69	72	105	95	141	83			
34	74	70	84	106	95	142	122	34	22	70	72	106	49	142	106	34	22	70	59	106	49	142	106			
35	63	71	59	107	103	143	125	35	74	71	133	107	103	143	18	35	74	71	73	107	61	143	18			
36	22	72	140	108	49	144	18	36	63	72	138	108	95	144	125	36	63	72	138	108	56	144	125			
							145	106								145	122								145	122

Col = Colocação; Usr = Usuário; MAH -OC = Método de Análise Hierárquica alimentado com os pesos na ordenação dos critérios.

Tabela 5.30 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 Métodos para o Decisor 5

Decisor 5 - MAH 1-OC								Decisor 5 - MAH2 -OC								Decisor 5 - MAH3 - OC								
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	
1	77	37	64	73	73	109	105	1	51	37	56	73	58	109	14	1	128	37	116	73	96	109	9	
2	128	38	3	74	91	110	38	2	128	38	55	74	100	110	119	2	43	38	80	74	12	110	109	
3	78	39	55	75	96	111	32	3	43	39	120	75	98	111	15	3	77	39	64	75	108	111	83	
4	140	40	120	76	92	112	37	4	77	40	114	76	134	112	106	4	78	40	56	76	92	112	65	
5	129	41	114	77	126	113	101	5	78	41	52	77	39	113	24	5	140	41	8	77	89	113	50	
6	45	42	52	78	98	114	144	6	140	42	142	78	11	114	82	6	129	42	3	78	73	114	143	
7	53	43	10	79	8	115	18	7	129	43	34	79	136	115	104	7	45	43	55	79	26	115	130	
8	62	44	34	80	48	116	83	8	48	44	87	80	109	116	139	8	53	44	120	80	103	116	93	
9	63	45	87	81	33	117	109	9	45	45	61	81	12	117	13	9	137	45	114	81	49	117	32	
10	51	46	61	82	76	118	94	10	53	46	59	82	96	118	83	10	62	46	52	82	69	118	101	
11	131	47	5	83	49	119	127	11	42	47	22	83	108	119	7	11	42	47	5	83	68	119	37	
12	137	48	125	84	99	120	124	12	62	48	99	84	92	120	50	12	63	48	2	84	33	120	115	
13	25	49	66	85	22	121	15	13	63	49	32	85	97	121	130	13	57	49	34	85	4	121	105	
14	46	50	54	86	86	122	58	14	57	50	23	86	2	122	40	14	51	50	10	86	121	122	20	
15	79	51	2	87	145	123	50	15	21	51	101	87	89	123	18	15	48	51	142	87	86	123	85	
16	84	52	141	88	135	124	60	16	113	52	94	88	103	124	133	16	25	52	87	88	145	124	38	
17	90	53	74	89	117	125	59	17	6	53	125	89	49	125	17	17	113	53	61	89	135	125	97	
18	138	54	81	90	72	126	97	18	115	54	54	90	69	126	132	18	6	54	99	90	117	126	40	
19	44	55	47	91	123	127	17	19	60	55	141	91	68	127	122	19	75	55	22	91	72	127	144	
20	6	56	80	92	23	128	31	20	1	56	126	92	33	128	30	20	1	56	125	92	127	128	18	
21	118	57	100	93	95	129	133	21	75	57	74	93	123	129	3	21	79	57	66	93	60	129	133	
22	113	58	134	94	14	130	40	22	85	58	91	94	121	130	143	22	84	58	54	94	94	130	17	
23	1	59	11	95	119	131	132	23	79	59	81	95	38	131	65	23	90	59	141	95	59	131	31	
24	43	60	136	96	106	132	82	24	44	60	67	96	107	132	111	24	46	60	126	96	23	132	132	
25	24	61	12	97	107	133	19	25	102	61	84	97	145	133	41	25	44	61	74	97	58	133	82	
26	102	62	21	98	70	134	104	26	76	62	73	98	86	134	10	26	35	62	81	98	123	134	19	
27	57	63	108	99	139	135	16	27	35	63	137	99	93	135	19	27	102	63	47	99	95	135	104	
28	75	64	39	100	13	136	30	28	138	64	90	100	70	136	88	28	76	64	91	100	124	136	16	
29	35	65	4	101	112	137	110	29	118	65	25	101	127	137	31	29	138	65	88	101	14	137	30	
30	42	66	89	102	9	138	93	30	20	66	46	102	135	138	144	30	21	66	112	102	15	138	110	
31	67	67	103	103	65	139	41	31	71	67	37	103	117	139	110	31	118	67	98	103	119	139	41	
32	71	68	69	104	143	140	28	32	8	68	66	104	72	140	9	32	24	68	100	104	106	140	7	
33	36	69	68	105	130	141	111	33	36	69	47	105	29	141	5	33	131	69	134	105	107	141	28	
34	116	70	121	106	20	142	7	34	116	70	26	106	95	142	28	34	67	70	11	106	70	142	122	
35	80	71	142	107	115	143	29	35	80	71	131	107	124	143	16	35	71	71	136	107	139	143	29	
36	56	72	26	108	85	144	122	36	64	72	112	108	105	144	4	36	36	72	39	108	13	144	111	
						145	27																145	27

Col = Colocação; Usr = Usuário; MAH -OC = Método de Análise Hierárquica alimentado com os pesos na ordenação dos critérios.

Tabela 5.31 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 Métodos para o Decisor 6

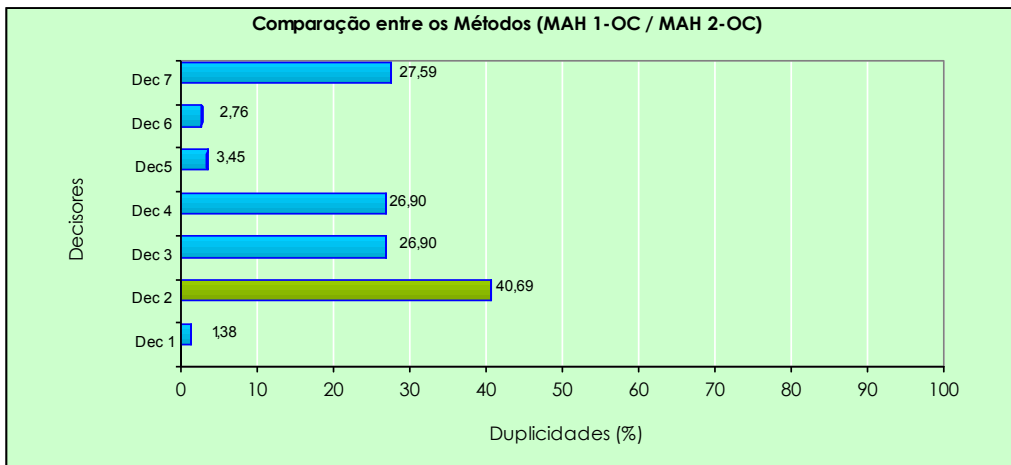
Decisor 6 - MAH 1-OC								Decisor 6 - MAH2 -OC								Decisor 6 - MAH3 - OC										
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr			
1	4	37	90	73	94	109	37	1	78	37	17	73	136	109	100	1	78	37	17	73	51	109	139			
2	21	38	31	74	70	110	124	2	128	38	20	74	51	110	143	2	128	38	61	74	236	110	140			
3	48	39	76	75	117	111	116	3	77	39	61	75	121	111	92	3	77	39	32	75	118	111	143			
4	29	40	83	76	56	112	22	4	21	40	32	76	105	112	110	4	21	40	20	76	121	112	124			
5	59	41	11	77	64	113	86	5	4	41	90	77	118	113	87	5	4	41	90	77	55	113	126			
6	46	42	81	78	63	114	38	6	48	42	62	78	71	114	89	6	48	42	62	78	105	114	125			
7	73	43	12	79	129	115	123	7	129	43	103	79	55	115	126	7	80	43	103	79	71	115	13			
8	60	44	74	80	127	116	112	8	80	44	63	80	57	116	140	8	113	44	63	80	57	116	16			
9	43	45	85	81	145	117	115	9	113	45	3	81	98	117	124	9	129	45	3	81	98	117	53			
10	26	46	54	82	19	118	33	10	2	46	93	82	107	118	125	10	6	46	93	82	107	118	89			
11	45	47	23	83	93	119	96	11	6	47	52	83	68	119	22	11	2	47	52	83	68	119	87			
12	44	48	49	84	55	120	25	12	24	48	69	84	145	120	37	12	24	48	69	84	145	120	22			
13	24	49	120	85	119	121	136	13	5	49	142	85	119	121	13	13	5	49	142	85	119	121	92			
14	32	50	72	86	95	122	125	14	91	50	75	86	31	122	16	14	91	50	75	86	31	122	38			
15	20	51	30	87	9	123	36	15	45	51	66	87	106	123	67	15	45	51	66	87	106	123	67			
16	128	52	105	88	80	124	135	16	76	52	134	88	109	124	86	16	76	52	134	88	79	124	86			
17	78	53	118	89	68	125	18	17	102	53	72	89	117	125	38	17	35	53	72	89	117	125	37			
18	17	54	98	90	103	126	13	18	35	54	82	90	18	126	53	18	102	54	82	90	18	126	110			
19	5	55	121	91	102	127	40	19	64	55	120	91	30	127	114	19	64	55	120	91	30	127	115			
20	1	56	61	92	79	128	14	20	74	56	49	92	19	128	111	20	74	56	49	92	19	128	138			
21	131	57	107	93	51	129	65	21	43	57	95	93	15	129	115	21	46	57	95	93	15	129	39			
22	47	58	2	94	7	130	114	22	46	58	73	94	58	130	65	22	44	58	26	94	58	130	25			
23	91	59	108	95	66	131	139	23	44	59	26	95	50	131	96	23	43	59	73	95	50	131	111			
24	77	60	134	96	10	132	67	24	54	60	97	96	7	132	130	24	54	60	97	96	7	132	65			
25	3	61	62	97	138	133	104	25	99	61	29	97	9	133	138	25	99	61	127	97	9	133	144			
26	99	62	84	98	126	134	53	26	1	62	127	98	135	134	122	26	1	62	29	98	135	134	41			
27	27	63	97	99	16	135	42	27	141	63	59	99	114	135	123	27	141	63	59	99	40	135	42			
28	8	64	35	100	137	136	85	28	8	64	81	100	133	136	25	28	8	64	81	100	34	136	14			
29	101	65	52	101	92	137	34	29	101	65	109	101	34	137	33	29	101	65	109	101	133	137	130			
30	113	66	106	102	144	138	143	30	11	66	70	102	40	138	10	30	11	66	70	102	114	138	123			
31	6	67	71	103	140	139	110	31	84	67	108	103	116	139	14	31	84	67	108	103	116	139	122			
32	82	68	50	104	87	140	41	32	60	68	27	104	88	140	41	32	60	68	27	104	104	140	96			
33	28	69	142	105	39	141	132	33	12	69	28	105	139	141	42	33	12	69	28	105	88	141	10			
34	69	70	141	106	89	142	133	34	131	70	94	106	132	142	36	34	131	70	23	106	100	142	33			
35	109	71	58	107	88	143	130	35	56	71	23	107	85	143	39	35	47	71	94	107	85	143	36			
36	57	72	15	108	111	144	122	36	47	72	83	108	104	144	137	36	56	72	83	108	132	144	137			
							145	100								145	112								145	112

Col = Colocação; Usr = Usuário; MAH –OC = Método de Análise Hierárquica alimentado com os pesos na ordenação dos critérios.

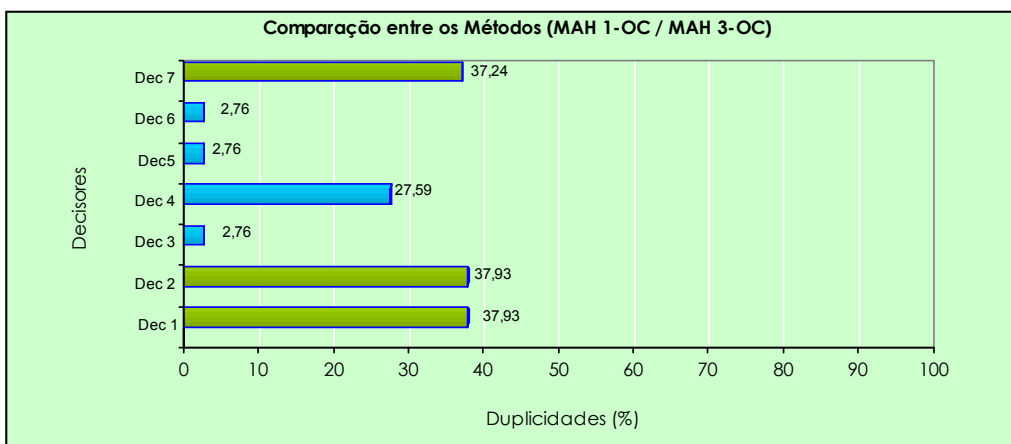
Tabela 5.32 – Resultados das ordenações, obtidos pelos 3 Métodos para o Decisor 7

Decisor 7 - MAH 1-OC								Decisor 7 - MAH2 -OC								Decisor 7 - MAH3 - OC								
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	
1	21	37	23	73	7	109	117	1	21	37	23	73	79	109	136	1	21	37	23	73	79	109	56	
2	29	38	31	74	51	110	136	2	43	38	98	74	51	110	125	2	48	38	105	74	72	110	136	
3	46	39	90	75	11	111	125	3	26	39	118	75	107	111	89	3	73	39	98	75	51	111	125	
4	44	40	6	76	107	112	89	4	73	40	50	76	11	112	40	4	45	40	121	76	11	112	89	
5	26	41	75	77	141	113	40	5	60	41	58	77	64	113	9	5	46	41	118	77	107	113	40	
6	73	42	121	78	64	114	9	6	20	42	121	78	141	114	70	6	29	42	50	78	141	114	9	
7	59	43	98	79	108	115	68	7	45	43	90	79	126	115	68	7	44	43	6	79	64	115	68	
8	20	44	118	80	111	116	70	8	44	44	6	80	112	116	35	8	60	44	90	80	84	116	70	
9	45	45	50	81	22	117	35	9	29	45	105	81	115	117	102	9	20	45	58	81	108	117	35	
10	43	46	58	82	84	118	102	10	59	46	75	82	39	118	52	10	43	46	31	82	137	118	102	
11	24	47	105	83	33	119	52	11	48	47	15	83	10	119	18	11	26	47	75	83	124	119	52	
12	60	48	74	84	16	120	138	12	3	48	106	84	33	120	138	12	59	48	15	84	16	120	138	
13	48	49	2	85	137	121	18	13	24	49	71	85	92	121	95	13	3	49	106	85	112	121	18	
14	4	50	15	86	87	122	95	14	5	50	2	86	88	122	114	14	24	50	71	86	123	122	95	
15	17	51	76	87	115	123	114	15	1	51	74	87	116	123	145	15	17	51	74	87	92	123	114	
16	1	52	81	88	37	124	145	16	17	52	30	88	108	124	119	16	5	52	2	88	111	124	145	
17	5	53	106	89	86	125	119	17	47	53	76	89	25	125	103	17	1	53	30	89	126	125	119	
18	47	54	71	90	112	126	103	18	4	54	81	90	16	126	53	18	47	54	76	90	115	126	103	
19	3	55	30	91	123	127	53	19	32	55	142	91	38	127	42	19	32	55	81	91	116	127	53	
20	32	56	142	92	116	128	42	20	27	56	135	92	37	128	42	20	27	56	142	92	33	128	42	
21	27	57	94	93	126	129	104	21	8	57	94	93	124	129	104	21	8	57	135	93	86	129	104	
22	82	58	83	94	124	130	66	22	82	58	83	94	87	130	66	22	82	58	94	94	22	130	66	
23	8	59	134	95	10	131	65	23	57	59	134	95	123	131	65	23	4	59	83	95	25	131	65	
24	128	60	54	96	39	132	139	24	128	60	49	96	22	132	139	24	57	60	134	96	88	132	139	
25	78	61	49	97	25	133	13	25	78	61	120	97	86	133	13	25	##	61	49	97	38	133	13	
26	28	62	120	98	92	134	110	26	28	62	127	98	84	134	110	26	78	62	120	98	39	134	110	
27	99	63	127	99	88	135	14	27	99	63	54	99	137	135	14	27	28	63	127	99	10	135	14	
28	77	64	55	100	38	136	85	28	77	64	19	100	111	136	85	28	77	64	54	100	87	136	85	
29	131	65	19	101	97	137	67	29	131	65	7	101	97	137	67	29	99	65	55	101	37	137	67	
30	109	66	93	102	140	138	133	30	109	66	93	102	144	138	133	30	131	66	93	102	97	138	133	
31	57	67	63	103	144	139	100	31	91	67	55	103	140	139	34	31	##	67	7	103	140	139	100	
32	91	68	61	104	96	140	34	32	113	68	61	104	96	140	100	32	91	68	19	104	144	140	34	
33	113	69	62	105	36	141	143	33	31	69	63	105	36	141	143	33	113	69	61	105	96	141	143	
34	69	70	80	106	135	142	132	34	12	70	62	106	129	142	132	34	69	70	63	106	36	142	132	
35	12	71	72	107	129	143	41	35	69	71	80	107	117	143	41	35	12	71	62	107	129	143	41	
36	101	72	79	108	56	144	130	36	101	72	72	108	56	144	130	36	101	72	80	108	117	144	130	
						145	122								145	122							145	122

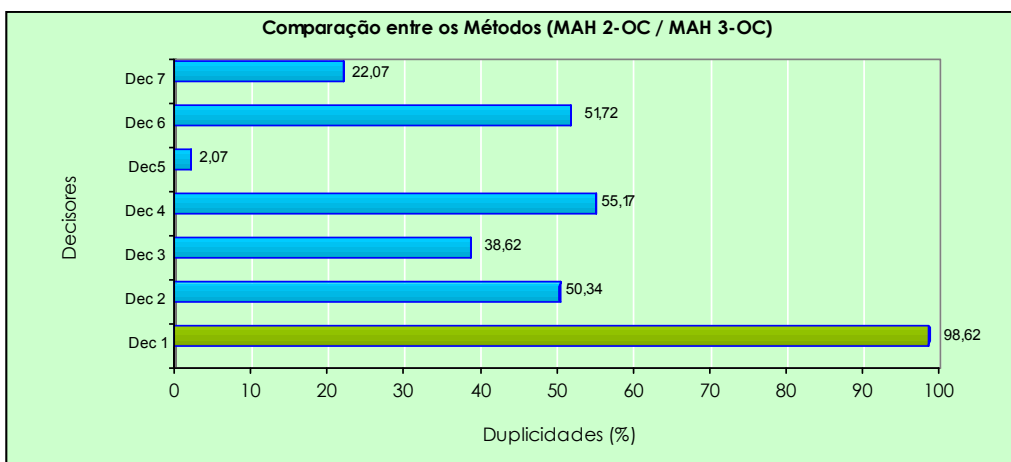
Col = Colocação; Usr = Usuário; MAH -OC = Método de Análise Hierárquica alimentado com os pesos na ordenação dos critérios.



**Figura 5.27 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-OC/ MAH 2-OC**



**Figura 5.28 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-OC/MAH 3-OC**



**Figura 5.29 – Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 2-OC/MAH 3-OC**

### 5.1.3.2.2 Análises dos Resultados da Aplicação com Ordenamento dos Critérios

Após aplicação do Método de Análise Hierárquica através do VIP Analysis para o estudo de caso, com fornecimento da ordem de prioridade dos critérios, a seguir apresenta-se um resumo dos resultados alcançados:

De acordo com a Figura 5.27, observa-se o seguinte:

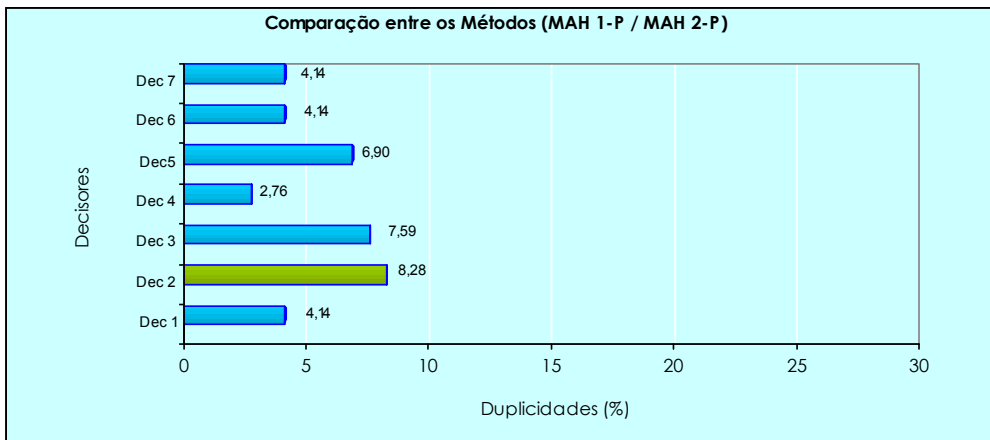
Na comparação entre os Métodos de Análise Hierárquica MAH 1-OC e MAH 2-OC, observou-se que aconteceram pequenas semelhanças na ordem de prioridade de atendimento às demandas dos usuários segundo as preferências dos 7 decisores, sendo a maior ocorrência observada, na ordenação para o decisor 2, com 40,69 % dos usuários ocupando a mesma posição. Nos decisores 3, 4 e 7 a ocorrência dos usuários ocupando a mesma colocação não passou de 30 %, já para os decisores 1, 5 e 6 este número não atingiu 4%.

De acordo com a Figura 5.28, observa-se o seguinte:

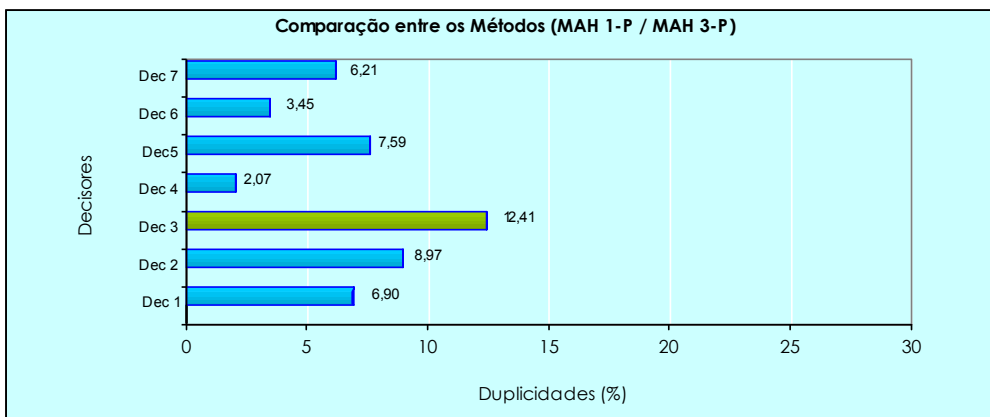
Na comparação entre os métodos MAH 1-OC com MAH 3-OC, observa-se que para os decisores 1, 2 e 7, as repetições na ordem de atendimento às demandas dos usuários atingiu cerca de 38 %, nos demais não passou de 3 %, com exceção para o decisor 4 que obteve 27,59 % de casos com usuários ocupando a mesma colocação.

De acordo com a Figura 5.29, observa-se o seguinte:

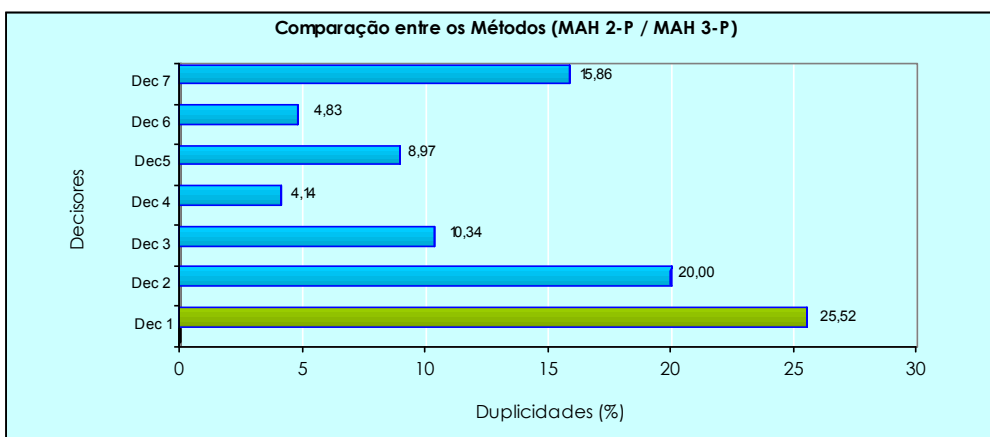
Na comparação entre os métodos MAH 2-OC e MAH 3-OC verificou-se o maior número de usuários ocupando a mesma colocação nas ordenações de atendimento às demandas. A maior ocorrência de repetições nas classificações aconteceu para o decisor 1, com 98,62 % dos usuários ocupando a mesma colocação. Para os decisores 2, 3, 4 e 6 o número de usuários ocupando a mesma colocação ficou entre (38 % e 51 %), já a menor ocorrência deste registro foi verificada para os decisores 5 e 7, com 2,07 % e 22,07 %, respectivamente.



**Figura 5.30 - Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-P/MAH 2-P**



**Figura 5.31 - Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 1-P/MAH 3-P**



**Figura 5.32 - Comparação da ordenação dos usuários para os decisores pelos métodos MAH 2-P/MAH 3-P**



### **5.1.3.3 Aplicação da Análise Hierárquica com Aplicação Direta dos Pesos**

Nesta aplicação foram realizadas análises hierárquicas através do VIP com aplicação direta dos pesos. A seguir são apresentados os resultados na forma das Figuras 5.30 a 5.32, os quais foram obtidos através de comparações entre os métodos MAH 1 -P, MAH 2-P e MAH 3-P.

#### **5.1.3.3.1 Comparação entre os métodos de análise hierárquica por decisor**

De acordo com a Figura 5.30, observa-se o seguinte:

Na comparação entre os métodos de análise hierárquica MAH 1 -P e MAH 2-P, de acordo com os resultados obtidos para os 7 decisores, pode-se observar que os decisores 2, 3 e 5 foram os que tiveram maior número de usuários ocupando a mesma classificação, ficando no intervalo de 6,90 % e 8,30%. Para os decisores 1, 6 e 7 o número de usuários que ocuparam a mesma posição ficou em 4,74 % e, por fim, para o Decisor 4 obteve-se 2,76 % dos usuários na mesma posição.

De acordo com a Figura 5.31, observa-se o seguinte:

Esta Figura mostra a comparação entre os métodos MAH 1 -P e MAH 3-P, onde verificou-se que a maior ocorrência de duplicações nas posições dos usuários foi registrada para o Decisor 3 com 12,41 % de duplicações. Para os decisores 1, 2, 5 e 7 as duplicações variaram entre 6,21 % e 9,00 % e para os Decisores 4 e 6 este número não passou de 3,5 %.

De acordo com a Figura 5.32, observa-se o seguinte:

A Figura 5.32 mostra a comparação entre os métodos MAH 2 -P e MAH 3-P, onde observa-se que a maior ocorrência de duplicidades nas posições dos usuários ocorreu para o Decisor 1, com 25,92 % de repetição das posições. Para os decisores 2 e 7 as duplicidades registraram 15,00 % e 20,00 % de repetição, respectivamente, e entre os usuários. Por fim, para os Decisores 3, 4, 5 e 6 as repetições não passaram de 11,00 %.

### 5.1.3.4 Aplicação do Método Multi-decisores

Seguindo a metodologia de aplicação, as Tabelas 5.33 a 5.35 mostram os resultados da ordenação de acordo com os 3 métodos multi-decisores.

#### 5.1.3.4.1 – Aplicação do MMD 1 – Método Multi-decisor 1

**Tabela 5.33 – Ordenação dos usuários de acordo com o MMD 1**

Ordenação para o MMD 1							
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr
1	137	37	45	73	85	109	132
2	25	38	92	74	91	110	7
3	36	39	48	75	97	111	19
4	39	40	60	76	101	112	30
5	5	41	78	77	102	113	37
6	1	42	76	78	108	114	50
7	42	43	62	79	133	115	51
8	3	44	54	80	134	116	55
9	94	45	64	81	138	117	58
10	4	46	33	82	139	118	65
11	53	47	86	83	140	119	68
12	115	48	57	84	17	120	71
13	93	49	79	85	89	121	98
14	26	50	104	86	96	122	105
15	110	51	20	87	100	123	118
16	10	52	27	88	131	124	121
17	114	53	28	89	77	125	136
18	31	54	32	90	43	126	6
19	47	55	81	91	8	127	11
20	2	56	99	92	9	128	15
21	38	57	113	93	14	129	34
22	80	58	124	94	67	130	35
23	112	59	141	95	70	131	41
24	123	60	24	96	12	132	52
25	16	61	44	97	13	133	66
26	29	62	69	98	21	134	83
27	127	63	107	99	23	135	116
28	142	64	126	100	135	136	119
29	40	65	129	101	49	137	128
30	111	66	46	102	56	138	130
31	88	67	59	103	61	139	143
32	82	68	72	104	95	140	144
33	90	69	84	105	103	141	145
34	22	70	87	106	109	142	18
35	63	71	73	107	117	143	106
36	74	72	75	108	120	144	122
						145	125

Col = Colocação; Usr = Usuário; MMD 1 = Método Multi -decisor 1

## 5.1.3.4.2 – Aplicação do MMD 2 – Método Multi-decisor 2

Tabela 5.34 – Ordenação dos usuários de acordo com o MMD 2

Ordenação para o MMD 2							
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr
1	48	37	36	73	96	109	83
2	60	38	25	74	27	110	7
3	26	39	53	75	52	111	141
4	57	40	62	76	99	112	68
5	1	41	63	77	134	113	100
6	113	42	3	78	85	114	136
7	45	43	81	79	135	115	15
8	20	44	42	80	49	116	106
9	21	45	71	81	12	117	33
10	29	46	55	82	89	118	111
11	8	47	114	83	2	119	104
12	59	48	78	84	107	120	19
13	76	49	92	85	125	121	40
14	6	50	82	86	54	122	86
15	44	51	56	87	138	123	16
16	43	52	64	88	88	124	145
17	75	53	109	89	97	125	110
18	73	54	80	90	17	126	70
19	47	55	112	91	108	127	66
20	90	56	58	92	93	128	117
21	101	57	61	93	123	129	30
22	46	58	74	94	121	130	119
23	137	59	77	95	37	131	143
24	142	60	102	96	4	132	139
25	129	61	35	97	127	133	144
26	5	62	126	98	67	134	13
27	128	63	69	99	50	135	132
28	118	64	32	100	10	136	65
29	22	65	23	101	72	137	14
30	24	66	87	102	34	138	9
31	140	67	51	103	28	139	130
32	39	68	120	104	105	140	133
33	115	69	116	105	11	141	103
34	94	70	84	106	31	142	122
35	79	71	91	107	124	143	95
36	98	72	131	108	38	144	18
						145	41

Col = Colocação; Usr = Usuário; MMD 2 = Método Multi -decisor 2

## 5.1.3.4.3 – Aplicação do MMD 3 – Método Multi-decisor 3

Tabela 5.33 – Ordenação dos usuários de acordo com o MMD 3

Ordenação para o MMD 3							
Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr	Col	Usr
1	137	37	45	73	85	109	132
2	25	38	92	74	91	110	7
3	36	39	48	75	97	111	19
4	39	40	60	76	101	112	30
5	5	41	78	77	102	113	37
6	1	42	76	78	108	114	50
7	42	43	62	79	133	115	51
8	3	44	54	80	134	116	55
9	94	45	64	81	138	117	58
10	4	46	33	82	139	118	65
11	53	47	86	83	140	119	68
12	115	48	57	84	17	120	71
13	93	49	79	85	89	121	98
14	26	50	104	86	96	122	105
15	110	51	20	87	100	123	118
16	10	52	27	88	131	124	121
17	114	53	28	89	77	125	136
18	31	54	32	90	43	126	6
19	47	55	81	91	8	127	11
20	2	56	99	92	9	128	15
21	38	57	113	93	14	129	34
22	80	58	124	94	67	130	35
23	112	59	141	95	70	131	41
24	123	60	24	96	12	132	52
25	16	61	44	97	13	133	66
26	29	62	69	98	21	134	83
27	127	63	107	99	23	135	116
28	142	64	126	100	135	136	119
29	40	65	129	101	49	137	128
30	111	66	46	102	56	138	130
31	88	67	59	103	61	139	143
32	82	68	72	104	95	140	144
33	90	69	84	105	103	141	145
34	22	70	87	106	109	142	18
35	63	71	73	107	117	143	106
36	74	72	75	108	120	144	122
						145	125

Col = Colocação; Usr = Usuário; MMD 3 = Método Multi -decisor 3

## CAPÍTULO 6

---

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 6.1 CONCLUSÕES

Um dos objetivos deste trabalho foi elaborar e analisar (3) formas de tornar uma estrutura hierárquica em não hierárquica para fazer uso de algum método multicriterial não hierárquico, procurando-se preservar as preferências do decisor no sentido de estabelecer prioridades para atendimento aos usuários de água.

Outro objetivo foi estabelecer e analisar (3) diferentes métodos para levar em consideração as preferências de diferentes decisores no estabelecimento de prioridades para atendimento aos usuários de água. Dentro deste contexto, foram utilizados três métodos que transformam uma estrutura multi-decisores em mono-decisor.

Foram criados 3 métodos para realização da Análise Hierárquica, com aplicação do método VIP Analysis para o fornecimento de 7 ordenações de prioridades para atendimento às demandas de água dos usuários, sendo uma para cada decisor. A solução foi determinada para cada método, sendo que, em cada aplicação, os pesos foram utilizados de duas maneiras: primeiro através do ordenamento em termos de preferências dos critérios (sem definir especificamente os pesos, ou seja, sendo um a variável de decisão) e, em segundo, através da atribuição de um valor para os pesos dos critérios.

Diante disto, a partir da aplicação para um exemplo hipotético e para o estudo de caso, foram obtidos 42 ordenações para o atendimento às demandas dos usuários, sendo 21 cenários onde foram definidas ordenações expressando as preferências dos critérios e 21 cenários com aplicação (e especificação) direta dos pesos. Neste sentido, foram realizadas comparações dos resultados obtidos entre os métodos e obteve-se o seguinte:

### Comparação dos métodos para o exemplo hipotético

#### *i) Aplicação do VIP com o fornecimento da ordem dos critérios:*

Nas comparações entre os métodos MAH 1-OC com MAH 2-OC e MAH 1-OC com MAH 3-OC, observou-se que, em ambas as comparações, houve semelhanças nas prioridades de atendimento às demandas dos usuários segundo os julgamentos dos decisores 1, 2 e 4. Já na comparação entre os métodos MAH 2-OC com MAH 3-OC, para os 7 decisores, apenas a ordenação para o decisor 5 ficou diferente, para os demais decisores aconteceram semelhanças nas ordenações do atendimento às demandas dos usuários.

#### *ii) Aplicação do VIP com o fornecimento direto dos pesos:*

Nas comparações dos métodos MAH 1-P com MAH 2-P, observou-se semelhanças apenas para o decisor 6, os demais foram diferentes. Na comparação entre MAH 1-P com MAH 3-P as semelhanças ocorreram somente para os decisores 3 e 6. Por fim, na comparação entre MAH 1-P com MAH 3-P, as ordenações para os decisores 1, 2, 5 e 6 foram iguais.

Dada à natureza aditiva do método Vip Analysis, o método MAH 2-P deve ser o mais representativo das preferências dos decisores, porque a soma dos pesos atribuídos aos sub-critérios de um mesmo critério expressa, também, a importância relativa do critério para aquele decisor.

Dentro deste contexto, o método MAH 3-P ressalta ainda mais a importância relativa dos critérios para os decisores, ou seja, o sub-critério que tenha o maior peso passará a assumir o peso do critério hierarquicamente superior.

Finalmente, o método MAH1-P é o que provê maior importância aos critérios, ou seja, faz-se a ordenação dos critérios em função das preferências dos decisores e, na seqüência, faz-se a ordenação dos sub-critérios. Portanto, a aplicação de um ou outro método depende do quão mais importante são os critérios (hierarquicamente superiores) com relação aos seus sub-critérios (hierarquicamente inferiores).

### Comparações dos métodos para o estudo de caso

#### *i) Aplicação do VIP com o fornecimento da ordem dos critérios*

Na comparação entre os Métodos de Análise Hierárquica MAH 1-OC com MAH 2-OC, observou-se que aconteceram pequenas semelhanças na ordem de prioridade ao atendimento às demandas dos usuários segundo as preferências dos 7 decisores, sendo a maior ocorrência observada, na ordenação para o decisor 2, com 40,69 % dos usuários ocupando a mesma posição. Para os decisores 3, 4 e 7 a ocorrência de atendimento às demandas dos usuários ocupando a mesma colocação não passou de 30 %. Já para os decisores 1, 5 e 6 este número não atingiu 4%.

Na comparação entre os métodos MAH 1-OC com MAH 3-OC, observa-se que para os decisores 1, 2 e 7, as repetições na colocação do atendimento às demandas dos usuários atingiu cerca de 38 %, nos demais não passou de 3 %, com exceção das preferências para o decisor 4 que obteve 27,59 % de casos com atendimento a usuários ocupando a mesma colocação.

Na comparação entre os métodos (MAH 2-OC com MAH 3-OC) obteve-se o maior número de usuários ocupando a mesma colocação na prioridade de atendimento às suas demandas. A maior ocorrência de repetição na colocação aconteceu para as preferências do decisor 1, com 98,62 % dos usuários ocupando a mesma colocação. Para os decisores 2, 3, 4 e 6 o número de usuários ocupando a mesma colocação ficou entre (38 % e 51 %). A menor ocorrência deste registro foi verificada para os decisores 5 e 7, com 2,07 % e 22,07 %, respectivamente.

Conclui-se então que, tanto na aplicação dos métodos para o exemplo com quatro usuários como na aplicação para o trecho 2 do Sistema Curema -Açu, os métodos de análise hierárquica que forneceram resultados mais próximos para as preferências dos decisores foram os métodos MAH 2-OC com MAH 3-OC, pois não existe tanta diferença entre eles.

Também foi mostrado, neste trabalho, como resolver um problema multi-decisor através de uma análise estruturada, com a aplicação de 3 métodos que foram criados, para

abordar este tipo de problema. A partir dos resultados obtidos verificou-se que os três métodos forneceram a mesma resposta, com uma mesma ordenação.

Conclui-se que a abordagem realizada neste trabalho fornece um arcabouço matemático ao problema multi-decisores, pois sabe-se que, na maioria dos casos, onde utiliza este método, a aplicação somente é feita através de processo de negociação.

Os resultados, de maneira geral, demonstraram que a análise multicritério possibilita a inclusão simultânea de aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais no processo decisório quanto à alocação de águas entre os usuários de irrigação difusa do trecho 2 do Sistema Curema Açú. A aplicação da análise multicriterial com utilização do método VIP Analysis, foi definitiva para o alcance dos resultados, pois, em relação aos demais métodos multicriteriais, permite trabalhar com incertezas nos pesos e, dentro da metodologia proposta, pode aceitar a opinião de mais de 7 decisores.

## **6.2 RECOMENDAÇÕES**

Algumas recomendações podem ser sugeridas para futuros trabalhos, com a finalidade de ampliar o conhecimento da área de estudo e dos critérios apresentados. A seguir seguem algumas recomendações.

- a) Efetuar estudos através de análises que leve em consideração todos os usuários do Sistema Curema-Açú;
- b) Atualizar o banco de dados, com a regularização dos usuários que não foram cadastrados;
- c) Incluir outros critérios e sub-critérios de acordo com a situação dos usuários do Sistema Curama-Açú, para alimentação da matriz de avaliação;
- d) Incorporar o instrumento de cobrança pelo uso da água em toda bacia hidrográfica do rio Piranhas Açú;
- e) Por fim, recomenda-se a aceleração no processo de formação do comitê da bacia hidrográfica do rio Piranhas Açú, pois a área de estudo precisa urgentemente da aplicação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, por se tratar de uma região com recursos hídricos escassos e a cada dia, a demanda cresce de forma incontrolável.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ALMEIDA, M. M., SALIM, F. C., MENDONÇA, A. S. F. (2007). *Sistema de suporte à decisão para outorga de lançamento de efluentes e enquadramento*. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo - SP
- ALMEIDA Filho, A. T, CAVALCANTE, C. A. V, ALMEIDA, A. T. (2005). Seleção de ferramenta computacional de apoio a decisão pelo método VIP Analysis. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS
- AREGAI, T.; FOGEL, M. M.; DUCKSTEIN, L.(1988). Multicriterion selection of wastewater management alternatives. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v.14, n.4.
- Banco de Dados do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará (modificado); in Cariri Invest: Perfil Econômico da Agricultura Irrigada do Cariri/Banco do Nordeste, 2006.
- BARBOSA, L, A. “Influência do uso de métodos multicriteriais e multiobjetivos no procedimento da concessão de outorga” Dissertação de mestrado, UFCG, a bril de 2008.
- BARTOLOMEU, T. A.; FERREIRA, M. E. M. (2000) Tomada de Decisão Através de Múltiplo Atributo Difuso: Uma Revisão e uma Nova Técnica de Elucidação das Preferências. In: <http://www.eps.ufsc.br/~martins/fuzzy/fuz ap/fudm2/fudm2.htm> .
- BANA e COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. A theoretical framework for Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH). In. Clímaco, J. (ed.) *Multicriteria Analysis* . Springer Verlag, Berlim, 1995.
- BILICH, F; da SILVA, R; RAMOS, P. “Análise e Otimização de Inteligência Empresarial” – *Jornal Internacional de Negócios e Sustentabilidade* – no 3 – Junho de 2005.
- BRAGA Jr., B. P. F., GOBETTI, L. (2002). Análise Multiobje tivo - In: Porto, R. L. L. *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*. 2ª ed., Capítulo 7, Porto Alegre, RS, Brasil, Ed. UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- BRAGA , B. P. F. (1987). Técnicas de Otimização e Simulação Apl icadas em Sistemas de Recursos Hídricos. In: *Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos*, v.1. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, p. 427 – 518.
- BRAGA, B. P. F.; MARCELLINI, L.; BARROS, M. T. L.; ALMEIDA, S. B. (1991). Análise de decisão multiobjetivo: O caso do Vale do Rio Doce. In: Anais de IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v.2.
- BRAGA, C.F.C.; DINIZ, L.S.; GARJULLI, R.; SILVA, L.M.C.; NOGUEIRA, G.M.F.; NASCIMENTO, C.N.S.; MEDEIROS, S.D.; RÊGO, M.F.F. *Construção do Marco*

- Regulatório do Sistema Curema-Açu, Paraíba. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, v.7, cd-rom. São Luís: Anais ABRH, 2004. 15 p.
- BRAGA, C. F. C. Modelagem de Preferências e Consenso na Gestão de Recursos Hídricos, Tese de Doutorado em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande PB, setembro de 2008.
- BRANS, J. P. e VICKE, P. (1985). A Preference Ranking Organization Method. (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, v. 31, n.6, p. 647-656.
- BRASIL. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. 2000. Disponível em: <http://www.pnud.org.br>.
- BRITO, A.J. M; FILHO, A. T. A; ALMEIDA, A. T. “Seleção de Contratos de Manutenção com Informações Imprecisas”. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS – 29 outubro a 01 de novembro de 2005.
- BRUNS, B. “Water Rights: A synthesis paper on institutional options for improving water allocation”. In International Working Conference on Water Rights: institutional options for improving water allocation. Hanoi, Vietnam. February 12 -15.2003.
- CAI, X., MCKINNEY, D.C, LASDON, L.S. “A framework for sustainability analysis in water resources management and application to the Syr Darya Basin”. *Water Resources Research*. Vol. 38, NO 6. 2002.
- CAMPOS, J.N.B, VIEIRA, V.P.P.B, “Gerenciamento de Recursos Hídricos: a problemática do Nordeste”. *Revista Brasileira de Administração Pública*. NO 27, Abril-Junho, 1993.
- CAMPOS, J.N.B, Studart, T.M.C. “Na Historical Perspective on the administration of water in Brazil”. *Water International*, vol. 25, NO 1, Março, 2000.
- CAMPOS, V. ALMEIDA, A. T. (2006). Modelo Multicritério para localização de Nova Jaguaribara com VIP Analysis. *Pesquisa Operacional*, v. 16, 91-107.
- COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – A Experiência da Alocação Negociada de Água nos Vales do Jaguaribe e Banabuiú – II Encontro Regional de Comitês de Bacias Hidrográficas, Natal, 06 e 07 de abril de 2006.
- COSTA, C. A. B., CORTE, J.; VANSNICK, J. (2004). On the mathematical foundations of MACBETH. London School of Economics and Political Science, Londres.
- DIAS, L. C. & CLÍMACO, J. N. (2000). Additive Aggregation with Variable Interdependent Parameters: the VIP Analysis Software. *Journal of Operational Research Society*, v. 51, n. 9, 1070-1082.

- DIAS, L. C. & CLÍMACO, J. N. (2005). Dealing with imprecise information in group Multicriteria decisions: A methodology and a GDSS architecture. *European Journal of Operational Research*, v. 160, p. 291-307.
- DINAR, A. ROSEGRANT, M.W, MEIZEN-DICK, R.; “Water Allocation Mechanisms principles and examples”. World Bank: Policy Research Working Paper #1779, Washington, DC. 1997.
- DINAR R, A., Rosegrant M. W, and Dick R. M. - Water Allocation Mechanisms Principles And Examples, 2002.
- DUCKSTEIN, L.; OPRICOVIC, S. (1980) Multiobjective optimization in river basin development., v.16, n.1.
- FLAMENT, M. (1999). Glossário multicritério. Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicritério, Espanha. Disponível em: <[www.unesco.org.uy/redm/glosariom.htm](http://www.unesco.org.uy/redm/glosariom.htm)>. acesso em 20/08/2007
- FORD H, HOVSEPIAN, ZHANG H, ROTH JS, Kelley JA, - Journal Of Pharmaceutical And Biomedical Analysis, 2001 - aaps.org
- FREITAS, M.A.S., “Alocação de Água na Bacia Hidrográfica rio Gorutub (Reservatório Bico da Pedra) – Minas Gerais”. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, Paraná, 2003 .
- GARRIDO, R.J, FERNANDEZ, J.C, DAMÁSIO,J. “Impacto da Cobrança pelo Uso da água Bruta sobre a Economia Regional: versão preliminar”. Mimeo. Brasília, Junho, 2002.
- GARTNER, I. R. (2001). Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas. Editora Universa, Brasília.
- GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M. (2002). A Função da Decisão Multicritério - Parte I: Dos Conceitos Básicos à Modelagem Multicritério. *Revista do Mestrado Em Administração e Desenvolvimento Empresarial*, Rio de Janeiro, RJ, v. 2, n. 3, 77-88.
- GOMES, C. F. S. ; GOMES, L. F. A. M; ALMEIDA, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: O Enfoque Multicritério. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2006 a.
- GOMES, E. G., SOARES DE MELLO, J. C. , MANGABEIRA, J. A. (2006 b). Estudo multicritério do bem estar social de um grupo de agricultores rurais. SPOLM.
- GONÇALVES, Bianchi J, ALBRECHT M., CASELL P. i, CHINI R., GALLI D. and Walmsley M. - We derived the temperature gradient inside the cloud from an improved version of the Zucconi. 2003
- GRUBEN, A.; LOPES, P. D. Projeto marca d’água: Relatórios preliminares. A Bacia do Rio Piranhas-Açu, Rio Grande do Norte – 2001. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.marcadagua.org.br>. Acesso em 30.03.2007.

- HARRIS, V.; SINGER, E. (1991). Reduzindo a subjetividade da ponderação de critérios na análise multicriterial para Recursos Hídricos. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v.2.
- HOWE, C.W., Schurmeier, D.R, Shaw, W.D.Jr; “Innovative Approaches to Water Allocation: the potencial for Water Markets”. *Water Resources Research*, 22(4):439 - 445. 1986.
- HOLZ, E. (1999). Estratégias de equilíbrio entre a busca de benefícios privados e os custos sociais gerados pelas unidades agrícolas familiares. Tese de Doutorado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2007. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão..
- KEENEY, R.; WOODY, E. F. (1977). An illustrative example of the use of multiattribute utility theory for water resource planning. *Water Resource Research*, v. 13, n. 3.
- KELMAN, J., 2000, “Outorga e Cobrança de Recursos Hídricos”, In: A Cobrança pelo Uso da Água.
- KOLM, S\_C. “Teorias Modernas da Justiça”. Martins Fontes. 625 páginas. 2000.
- KEMPER, K.E. “O custo da água Gratuita: Alocação e Uso dos Recursos Hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste Brasileiro”. *Linköping Studies in Art and Science*, N.152. 256 pag. 1997.
- LONGANATHAN, G. V.; BHATTACHARYA, D. (1990). Goal -Programming Techniques for Optimal Reservoir Operations. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 116, n. 6, p. 820 -838.
- LIMA, C A G de, “Análise e Sugestões para Diretrizes de Uso das Disponibilidades Hídricas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, Situada no Estado da Paraíba”, Tese de Doutorado em Recursos Naturais – UFCG, Paraíba, 2004.
- MELLO, S de, J.C.C.B, CHAVES, M. C. C, BARROS, T. D, (2007). Um Estudo Preliminar da Integração de Dois Métodos de Apoio a Decisão Multicritério: VIP Analysis e MACBETH. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – Fortaleza, CE.
- MOREIRA, R. DE M. - Alocação de Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas , Dissertação de Mestrado [Rio de Janeiro] 2001 VI, 113 p. 29,7.
- NOGUEIRA, G. M. F. 2006. Conflito e negociação em recursos hídricos: Uma abordagem comportamental das decisões. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- NORONHA, S. M. D. (1998) Um modelo multicritérios para apoiar a decisão da escolha do combustível para alimentação de caldeiras usadas na indústria têxtil.

Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis. Disponível em: <[www.eps.ufsc.br/disserta98/noronha](http://www.eps.ufsc.br/disserta98/noronha)>. acesso em 20/03/2007

- OLSON, D.L., (2001). Comparison of three multicriteria methods to predict know outcomes, *European Journal of Operational Research*, v. 130, pp. 576-587.
- OSTRON, E, BURGER, J, FIELD, C.B., NORGAARD, R.B., POLICANSKY, D. “Revisiting the commons: Local Lesson, Global Challenges”. *Science*, Vol 284. Abril. 1999.
- PARAÍBA. Lei nº 7.033, de 29 de novembro de 2001, que Cria a Agência de Águas, Irrigação e Saneamento do Estado da Paraíba - AAGISA e dá outras providências. Disponível em: [www.al.pb.gov.br](http://www.al.pb.gov.br). Acesso em 20.03.2003.
- PBHSF - Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em terra na Bacia do São Francisco - Estudo Técnico de Apoio ao Nº 16 – Alocação de Água – Brasília 2004.
- PEREIRA, R. E, CHAVES, M. C. C, GOMES JÚNIOR, S. F. G, SOARES DE MELLO, J. C. B, LIMA, G. B. A. Uma Estruturação para a Obtenção da Sustentabilidade Agrícola da Produção de Tomates no Município de São José de Ubá Utilizando Ferramentas de Axílio a Multicritério - Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção V. 8 n. 03 Versão Final, março de 2008.
- PERH/PB 2004 Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Governo do Estado da Paraíba. Proágua Semi-árido.
- PERH/RN -Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório Síntes RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos. e. Hidroservice Engenharia Ltda. 1998. 267 p. Disponível em: <http://www.serhid.rn.gov.br>. Acesso em 02.02.2005.
- PBHSF – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Governo Federal – f (2004)
- RAMOS, P. R. (2005). Modelo para outorga de uso da água utilizando a metodologia multicritério de apoio à decisão: estudo de caso da bacia hidrográfica de rio Cubatão do Sul. Tese de doutorado. P. 280. Universidade Federal de Santa Catarina. Pós Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis – RS.
- RIBEIRO, M.M.R, LANNA, A.E.L. “Instrumentos Regulatórios e econômicos - Aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do Rio Pirapama, PE”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 6 n. 4. Outubro-Dezembro. 2001.
- RIBEIRO, M.M.R, LANNA, A.E.L. “A outorga Integrada das vazões e Captações e Diluição”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 8 n. 3. Julho -Setembro. 2003.
- SAATY, T.L., “Método de Análise Hierárquica”. Tradução e revisão técnica Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

- SALES, C.A.T., “Contribuição para um modelo de alocação de água no Ceará”.  
Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. 1999.
- SCHVARTZMAN, A. S.; CASTRO, L. M. A.; DINIZ, M. G. M.; FERNANDES, W. S.  
(2003). Aplicação do Instrumento da Outorga no Gerenciamento dos Recursos  
Hídricos em Minas Gerais: O Caso do Projeto Piratinga. In: XV Simpósio Brasileiro  
de Recursos Hídricos. Curitiba – PR.
- SOARES Jr., P.R., CORDEIRO NETTO, O.M., NOQUEIRA, J.M. “As Licenças  
Comercializáveis e o mercado de águas. Fundamentação teórica e estudos de caso.”  
XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, Paraná, Brasil. 2002.
- STIGLITZ, J.E, WALSH, C.E; “Introdução a Economia”. Editora Campus. 2003.
- SOUZA FILHO, F.A, PORTO, Lall, U. “Seasonal to Interannual Ensemble Streamflow  
Forecasting for Ceara, Brazil: Application of a Multivariate, Semi-parametric  
Algorithm” Water Resources Research, v. 39 p. 11: 1307 -1325, 2003.
- SOUZA FILHO, F. de A., Alocação de Água Sazonal e Anual: Modelos Matemáticos,  
Experimentação Comportamental e Justiça Alocativa. São Paulo, 2005, Tese  
(Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de  
Engenharia Hidráulica e Sanitária.
- TURNER, R.k, PEARCE, D.W. “Sustainable Development: Ethics and Economics”.  
Centre for Social and Economics Research on the Global Environmental (CSERGE),  
University of East Anglia and University College, Londres. CSERGE Working Paper  
PA92-09. [http://www.uea.ac.uk/env/cserge/pub/wp/pa/pa\\_1992\\_09.htm](http://www.uea.ac.uk/env/cserge/pub/wp/pa/pa_1992_09.htm). 1992. acesso  
em 20/03/2007.
- YU, P. (1973). A Class of Decision Problems for Group Decision Problems, Management  
Science, n. 19, p. 936 – 946.
- VIEIRA, Z. M. C. L. RIBEIRO, M. M. R. 2005 Análise de conflitos: apoio à decisão no  
gerenciamento da demanda urbana de água. Revista Brasileira de Recursos Hídricos,  
Porto Alegre, v. 10, n. 03, p. 26-35.
- VILAS BOAS, C. L. (2007) Modelo multicriterial para análise de alternativas de uso  
múltiplo de reservatórios: Estudo de caso do reservatório do Ribeirão João Leite/Go.  
Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo - SP
- WINPENNY,J; “Managing Water as an Economic Resource”. Routledge, London. 1994.
- ZUFFO A. C. et al (2002). Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de  
Recursos Hídricos. Revista RBRH, Volume 07, Jan/Mar de 2002, p. 81 -102.
- ZUFFO, A. C., REIS, L. F. R., SANTOS, R. F., CHAUDHRY, F. H. Aplicação de  
métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. In: Revista Brasileira  
de Recursos Hídricos. Brasil: , v.7, n.1, p.81 - 102, 2002.

ZUFFO, A. C. (1998). 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.

## ANEXO 4.1

## Características técnicas dos usuários de irrigação difusa, localizados no trecho 2 do Sistema Curema - Açú

Tabela 4.1a - Dados de Área, Cultura, Sistema de Irrigação e Eficiência.

USR	A1	A2	A3	Área Total (ha)	Cultura 1	Cultura 2	Cultura 3	Sistema de Irrigação 1	Sistema de Irrigação 2	Sistema de Irrigação 3	ef1	ef2	ef3	Eficiência
1	0,50	0,50	0,50	1,50	Goiaba	Mamão	Melancia	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
2	0,50	0,66		1,11	Coco	Capim		Canhão	Canhão		0,65	0,65	0,00	0,68
3	0,25	0,50	0,25	1,00	Capim	Melancia	Manga	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
4	3,00	2,00	1,33	6,33	Acerola	Capim	Manga	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
5	0,50	0,25	0,25	1,00	Capim	Coco	Melancia	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
6	1,00			1,00	Capim	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
7	1,00	1,00		3,00	Feijão	Milho	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,43
8	0,30	0,20	0,12	0,62	Feijão	Capim	Milho	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
9	1,00	0,60	1,00	2,60	Capim	Feijão	Milho	Aspersão	Aspersão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
10	2,00	1,00	1,00	4,00	Goiaba	Capim	Melancia	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
11	2,00			2,00	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
12	0,25	0,25	0,50	1,00	Feijão	Capim	Milho	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
13	1,00	1,00	1,00	3,00	Capim	Milho	Feijão	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
14	1,00	0,25	0,25	1,50	Capim	Milho	Feijão	Canhão	Aspersão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
15	0,26	0,50		0,76	Milho	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
16	0,50	0,50		1,00	Goiaba	melão	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
17	2,00			2,00	Acerola	0,0	0,0	Inundação	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
18	1,00			1,00	milho	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
19	0,50	0,50		1,00	Feijão	Milho	0,0	Inundação	Inundação	0,0	0,40	0,40	0,00	0,40
20	0,50			0,50	Mamão	0,0	0,0	sulcos	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
21	0,50	0,50	0,50	1,50	Capim	Feijão	Milho	Aspersão	Microaspersão	Aspersão	0,65	0,80	0,65	0,70
22	0,25	0,25		0,50	Goiaba	Feijão		Aspersão	Aspersão		0,65	0,65	0,00	0,65
23	1,00	1,00	0,50	2,50	Capim	Feijão	Milho	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
24	0,50	0,34		0,84	Banana	Capim	0,0	Canhão	Sulcos	0,0	0,65	0,40	0,00	0,55
25	0,35	0,50	0,15	1,00	Banana	Capim	Manga	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
26	0,25	0,25		0,50	Manga	Acerola	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
27	1,00			1,00	Mamão	0,0	0,0	Manual	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
28	1,00			1,00	Mamão	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
29	0,25	0,25		0,50	Graviola	Acerola	0,0	Inundação	Inundação	0,0	0,40	0,40	0,00	0,40
30	0,50			0,50	Feijão	0,0	0,0	Inundação	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
31	1,00	0,50	0,50	2,00	Manga	Capim	Acerola	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
32	0,50			0,50	Mamão	0,0	0,0	Inundação	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
33	0,50	0,50		1,00	Mamão	Feijão	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
34	3,00			3,00	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
35	2,00			2,00	Capim	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
36	3,00	1,00	1,00	5,00	Mamão	Melancia	Goiaba	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
37	0,20	0,20		0,40	Milho	Feijão	0,0	Sulcos	Sulcos	0,0	0,40	0,40	0,00	0,40
38	1,00			1,00	Coco	0,0	0,0	Sulcos	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
39	0,25	0,50	0,25	1,00	Coco	Capim	Mamão	Microaspersão	Aspersão	Aspersão	0,80	0,65	0,65	0,69
40	1,50	0,50		2,00	Coco	Capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
41	2,00			2,00	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
42	1,00	0,50	0,50	2,00	Coco	Capim	Acerola	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
43	0,50	0,25	0,25	1,00	Capim	Feijão	Milho	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
44	0,50	0,50		1,00	Banana	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
45	0,50	0,50		1,00	Goiaba	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
46	0,25	0,25		0,50	Acerola	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
47	0,25	1,00	0,75	2,00	manga	capim	Feijão	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
48	0,50			0,50	Goiaba	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65

USR= Usuário; A1= Área (ha) 1; A2= Área 2 (ha); A3= Área 3 (ha); ef1= Eficiência 1; ef2= Eficiência 2; ef3= Eficiência 3



Continuação da Tabela 4.1a

USR	A1	A2	A3	Área Total (ha)	Cultura 1	Cultura 2	Cultura 3	Sistema de Irrigação 1	Sistema de Irrigação 2	Sistema de Irrigação 3	ef1	ef2	ef3	Eficiência
49	1,00	1,00		2,00	Capim	Feijão	0,0	Canhão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
50	2,00			2,00	Feijão	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
51	2,00			2,00	Feijão	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
52	2,00			2,00	capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
53	1,00	4,00		5,00	coco	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
54	1,00	1,00	1,39	3,39	Capim	Milho	Goiaba	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
55	1,00	1,00		2,00	Milho	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
56	1,00	1,00		2,00	Capim	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
57	0,50	0,50		1,00	melancia	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
58	1,00			1,00	Feijão	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
59	0,25	0,25		0,50	Acerola	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
60	2,50			2,50	Goiaba	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
61	0,50	0,70		1,20	capim	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
62	0,50	1,50	0,58	2,58	melancia	capim	Feijão	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
63	1,00	4,00	3,00	8,00	graviola	capim	Feijão	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
64	1,00	5,00	1,40	6,40	Acerola	capim	Feijão	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,61
65	2,00			2,00	Feijão	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
66	10,00			10,00	capim	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
67	4,00	2,00		6,00	Capim	Feijão	0,0	Canhão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
68	1,00	2,00		3,00	capim	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
69	1,00	0,80		1,80	Banana	Feijão	CAPIM	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
70	4,00	2,00		6,00	capim	Feijão	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,43
71	2,22			2,22	Feijão	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
72	1,00	1,00	2,00	4,00	Acerola	Feijão	capim	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
73	1,00	1,00		2,00	Banana	caim	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
74	1,00	1,00	2,00	4,00	Goiaba	capim	Feijão	Sulcos	Canhão	Canhão	0,40	0,65	0,65	0,59
75	1,00	2,00		3,00	Acerola	Feijão	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
76	0,16	1,00		1,16	graviola	CAPIM	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
77	6,00	2,08		8,08	capim	Feijão	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
78	1,50	3,00		4,50	Goiaba	Capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
79	2,00	2,00	4,00	8,00	Banana	Feijão	Algodão	Canhão	Microaspersão	microaspersão	0,65	0,80	0,80	0,76
80	2,00	10,00	2,05	14,05	Goiaba	capim	Feijão	Sulcos	Canhão	Canhão	0,40	0,65	0,65	0,61
81	4,00	2,73		6,73	Banana	FEIJÃO	0,0	Microaspersão	Microaspersão	0,0	0,80	0,80	0,00	0,80
82	0,50	0,50	0,50	1,50	Feijão	goiaba	capim	Aspersão	Inundação	sulcos	0,65	0,40	0,40	0,48
83	2,00			2,00	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
84	1,00	1,00	6,00	8,00	Feijão	acerola	capim	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
85	2,00	3,41		5,41	Banana	capim	0,0	Inundação	Inundação	0,0	0,40	0,40	0,00	0,40
86	0,80	1,00	1,00	2,80	melancia	capim	Feijão	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
87	0,44	1,50	1,00	2,94	Acerola	Feijão	capim	Microaspersão	Canhão	Canhão	0,80	0,65	0,65	0,67
88	1,00	0,50	0,50	2,00	Goiaba	capim	Feijão	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
89	1,00	3,00		4,00	Acerola	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
90	1,00	6,00	1,00	8,00	melancia	capim	Feijão	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
91	0,36	1,00		1,36	Banana	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
92	0,68	1,50	0,50	2,68	Goiaba	capim	milho	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
93	1,00	3,50	0,50	4,00	coco	capim	Feijão	Aspersão	Sulcos	sulcos	0,65	0,40	0,40	0,56
94	2,00	3,00		5,00	coco	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
95	2,00	2,00		4,00	Capim	Feijão	0,0	Canhão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
96	0,50	0,50		1,00	Acerola	Milho	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65

USR= Usuário; A1= Área (ha) 1; A2= Área 2 (ha); A3= Área 3 (ha); ef1= Eficiência 1; ef2= Eficiência 2; ef3= Eficiência 3

Continuação da Tabela 4.1a

USR	A1	A2	A3	Área Total (ha)	Cultura 1	Cultura 2	Cultura 3	Sistema de Irrigação 1	Sistema de Irrigação 2	Sistema de Irrigação 3	ef1	ef2	ef3	Eficiência
97	2,00			2,00	Banana	0,0	0,0	Inundação	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
98	1,00			1,00	Feijão	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
99	1,00	1,00	1,00	3,00	Banana	capim	Feijão	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
100	4,00			4,00	acerola	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
101	0,40			0,40	Banana	0,0	0,0	Inundação	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
102	1,00	4,00		5,00	Banana	Capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
103	2,00	4,00		6,00	Feijão	Capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
104	0,50	1,00	0,50	2,00	Banana	arroz	feijão	Canhão	Inundação	0,0	0,65	0,40	0,00	0,36
105	1,00			1,00	Feijão	0,0	0,0	Sulcos	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
106	1,00			1,00	Milho	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
107	0,50	0,50	0,50	1,50	Acerola	capim	Feijão	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,43
108	0,80	3,00		3,80	Banana	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
109	0,60	1,00		1,60	Feijão	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
110	0,50	0,50	3,00	4,00	coco	Feijão	CAPIM	Microaspersão	Canhão	Canhão	0,80	0,65	0,65	0,67
111	0,50	0,50		1,00	manga	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
112	2,00	6,00		8,00	manga	Feijão	0,0	Canhão	Microaspersão	0,0	0,65	0,80	0,00	0,76
113	1,00	0,50	0,50	2,00	Acerola	capim	Feijão	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
114	0,50	3,00	0,50	4,00	Goiaba	capim	Feijão	Sulcos	Canhão	Canhão	0,40	0,65	0,65	0,62
115	0,20	0,60		0,80	coco	capim	0,0	Sulcos	Sulcos	0,0	0,40	0,40	0,00	0,40
116	1,00			1,00	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
117	1,00	1,00		2,00	Capim	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
118	1,00			1,00	Feijão	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
119	4,00			4,00	capim	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
120	1,00	1,00		2,00	Feijão	capim	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
121	2,00			2,00	Feijão	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
122	6,00			6,00	Milho	0,0	0,0	Sulcos	0,0	0,0	0,40	0,00	0,00	0,40
123	0,64	1,00	1,00	2,64	manga	capim	Milho	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
124	0,50	2,00		2,50	melancia	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
125	2,00			2,00	milho	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
126	0,77	1,00	1,00	2,77	Acerola	capim	Feijão	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
127	0,50	3,50		4,00	manga	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
128	1,00			1,00	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
129	1,29	8,00		9,29	melancia	capim	0,0	Aspersão	Aspersão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
130	3,63			3,63	capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
131	2,00	8,00		10,00	Acerola	capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
132	1,00	2,00		3,00	Feijão	capim	0,0	Aspersão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
133	1,14	6,00		7,14	Banana	Capim	0,0	Sulcos	Canhão	0,0	0,40	0,65	0,00	0,61
134	0,53	1,50		2,03	Banana	Feijão	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
135	0,33	0,50	0,50	1,33	Feijão	Milho	Capim	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
136	0,72			0,72	Feijão	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
137	1,00	0,29	1,00	2,29	Capim	coco	Acerola	Aspersão	Aspersão	Aspersão	0,65	0,65	0,65	0,65
138	0,66			0,66	Banana	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
139	1,67			1,67	Banana	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
140	0,93			0,93	Banana	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
141	1,50	0,27	1,50	3,27	Capim	Feijão	Banana	Canhão	Canhão	Canhão	0,65	0,65	0,65	0,65
142	0,36	3,00		3,36	manga	Capim	0,0	Canhão	Canhão	0,0	0,65	0,65	0,00	0,65
143	3,13			3,13	capim	0,0	0,0	Aspersão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
144	0,55			0,55	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65
145	3,54			3,54	Capim	0,0	0,0	Canhão	0,0	0,0	0,65	0,00	0,00	0,65

USR= Usuário; A1= Área (ha) 1; A2= Área 2 (ha); A3= Área 3 (ha); ef1= Eficiência 1; ef2= Eficiência 2; ef3= Eficiência 3

Tabela 4.1b – Dados de Conservação do Solo, Reserva hídrica, Lei da Selva, Cronológico e Prod utividade Física.

USR	Cons. Do Solo	Conservação do solo	tipo de reserva hídrica	Reserva Hídrica	Lei da selva	Cronológico	Prod 1 Física(t/ha/ano)	Produ 2 Física(t/ha/ano)	Prod 3 Física(t/ha/ano)
1	boa	0,75	nenhum	0,25	1	2008	20,00	25,00	20,00
2	ótima	1,00	açude	0,50	2	2008	70,00	100,00	0,00
3	boa	0,75	poço	0,75	3	2008	100,00	20,00	20,00
4	regular	0,50	poço	0,75	4	2008	15,00	100,00	20,00
5	ótima	1,00	nenhum	0,25	5	2008	100,00	70,00	20,00
6	boa	0,75	nenhum	0,25	6	2008	100,00	0,00	0,00
7	ruim	0,25	nenhum	0,25	7	2008	4,80	12,00	0,00
8	regular	0,50	nenhum	0,25	8	2008	4,80	100,00	12,00
9	regular	0,50	poço	0,75	9	2008	100,00	4,80	12,00
10	boa	0,75	poço	0,75	10	2008	20,00	100,00	20,00
11	boa	0,75	nenhum	0,25	11	2008	100,00	0,00	0,00
12	boa	0,75	nenhum	0,25	12	2008	4,80	100,00	12,00
13	regular	0,50	nenhum	0,25	13	2008	100,00	12,00	4,80
14	regular	0,50	nenhum	0,25	14	2008	100,00	12,00	4,80
15	ruim	0,25	nenhum	0,25	15	2008	12,00	4,80	0,00
16	regular	0,50	nenhum	0,25	16	2008	20,00	50,00	0,00
17	regular	0,50	nenhum	0,25	17	2008	15,00	0,00	0,00
18	boa	0,75	nenhum	0,25	18	2008	12,00	0,00	0,00
19	boa	0,75	nenhum	0,25	19	2008	4,80	12,00	0,00
20	boa	0,75	nenhum	0,25	20	2008	25,00	0,00	0,00
21	regular	0,50	nenhum	0,25	21	2008	100,00	4,80	12,00
22	regular	0,50	nenhum	0,25	22	2008	20,00	4,80	0,00
23	ruim	0,25	açude	0,50	23	2008	100,00	4,80	12,00
24	ótima	1,00	açude	0,50	24	2008	40,00	100,00	0,00
25	ótima	1,00	nenhum	0,25	25	2008	40,00	100,00	20,00
26	regular	0,50	nenhum	0,25	26	2008	20,00	15,00	0,00
27	ruim	0,25	nenhum	0,25	27	2008	25,00	0,00	0,00
28	ruim	0,25	nenhum	0,25	28	2008	25,00	0,00	0,00
29	ruim	0,25	nenhum	0,25	29	2008	10,00	15,00	0,00
30	regular	0,50	nenhum	0,25	30	2008	4,80	0,00	0,00
31	regular	0,50	nenhum	0,25	31	2008	20,00	100,00	15,00
32	boa	0,75	nenhum	0,25	32	2008	25,00	0,00	0,00
33	regular	0,50	nenhum	0,25	33	2008	25,00	4,80	0,00
34	boa	0,75	nenhum	0,25	34	2008	100,00	0,00	0,00
35	boa	0,75	nenhum	0,25	35	2008	100,00	0,00	0,00
36	boa	0,75	nenhum	0,25	36	2008	25,00	20,00	20,00
37	ótima	1,00	nenhum	0,25	37	2008	12,00	4,80	0,00
38	ótima	1,00	nenhum	0,25	38	2008	70,00	0,00	0,00
39	regular	0,50	nenhum	0,25	39	2008	70,00	100,00	25,00
40	ruim	0,25	nenhum	0,25	40	2008	70,00	100,00	0,00
41	ruim	0,25	nenhum	0,25	41	2008	100,00	0,00	0,00
42	boa	0,75	nenhum	0,25	42	2008	70,00	100,00	15,00
43	boa	0,75	nenhum	0,25	43	2008	100,00	4,80	12,00
44	boa	0,75	nenhum	0,25	44	2008	40,00	4,80	0,00
45	ótima	1,00	nenhum	0,25	45	2008	20,00	100,00	0,00
46	ótima	1,00	nenhum	0,25	46	2008	15,00	4,80	0,00
47	boa	0,75	nenhum	0,25	47	2008	20,00	100,00	4,80
48	regular	0,50	nenhum	0,25	48	2008	20,00	0,00	0,00

Cons.= Conservação; Prod 1= Produtividade 1; Prod 2= Produtividade 2; Prod 3= Produtividade 3

Continuação da T abela 4.1b

USR	Cons. Do Solo	Conservação do solo	tipo de reserva hídrica	Reserva Hídrica	Lei da selva	Cronológico	Prod 1 Física(t/ha/ano)	Produ 2 Física(t/ha/ano)	Prod 3 Física(t/ha/ano)
49	regular	0,50	nenhum	0,25	49	2008	100,00	4,80	0,00
50	ruim	0,25	nenhum	0,25	50	2008	4,80	0,00	0,00
51	regular	0,50	nenhum	0,25	51	2008	4,80	0,00	0,00
52	boa	0,75	nenhum	0,25	52	2008	100,00	0,00	0,00
53	ótima	1,00	poço	0,75	53	2008	70,00	4,80	0,00
54	boa	0,75	poço	0,75	54	2008	100,00	12,00	20,00
55	boa	0,75	nenhum	0,25	55	2008	12,00	4,80	0,00
56	boa	0,75	nenhum	0,25	56	2008	100,00	4,80	0,00
57	boa	0,75	nenhum	0,25	57	2008	20,00	4,80	0,00
58	ruim	0,25	nenhum	0,25	58	2008	4,80	0,00	0,00
59	ruim	0,25	nenhum	0,25	59	2008	15,00	4,80	0,00
60	ruim	0,25	nenhum	0,25	60	2008	20,00	0,00	0,00
61	boa	0,75	nenhum	0,25	61	2008	100,00	4,80	0,00
62	boa	0,75	açude e poço	1,00	62	2008	20,00	100,00	4,80
63	boa	0,75	açude e poço	1,00	63	2008	10,00	100,00	4,80
64	regular	0,50	açude	0,50	64	2008	15,00	100,00	4,80
65	regular	0,50	poço	0,75	65	2008	4,80	0,00	0,00
66	ótima	1,00	açude	0,50	66	2008	100,00	0,00	0,00
67	ótima	1,00	poço	0,75	67	2008	100,00	4,80	0,00
68	boa	0,75	nenhum	0,25	68	2008	100,00	4,80	0,00
69	boa	0,75	nenhum	0,25	69	2008	40,00	4,80	100,00
70	regular	0,50	poço	0,75	70	2008	100,00	4,80	0,00
71	boa	0,75	poço	0,75	71	2008	4,80	0,00	0,00
72	boa	0,75	nenhum	0,25	72	2008	15,00	4,80	100,00
73	regular	0,50	nenhum	0,25	73	2008	40,00	0,00	0,00
74	ótima	1,00	nenhum	0,25	74	2008	20,00	100,00	4,80
75	boa	0,75	nenhum	0,25	75	2008	15,00	4,80	0,00
76	regular	0,50	nenhum	0,25	76	2008	10,00	100,00	0,00
77	ótima	1,00	açude e	1,00	77	2008	100,00	4,80	0,00
78	ótima	1,00	poço	0,75	78	2008	20,00	100,00	0,00
79	ótima	1,00	açude	0,50	79	2008	40,00	4,80	8,00
80	ótima	1,00	nenhum	0,25	80	2008	20,00	100,00	4,80
81	regular	0,50	açude	0,50	81	2008	40,00	4,80	0,00
82	ruim	0,25	poço	0,75	82	2008	4,80	20,00	100,00
83	ruim	0,25	nenhum	0,25	83	2008	100,00	0,00	0,00
84	ótima	1,00	açude	0,50	84	2008	4,80	15,00	100,00
85	boa	0,75	poço	0,75	85	2008	40,00	100,00	0,00
86	boa	0,75	nenhum	0,25	86	2008	20,00	100,00	4,80
87	ótima	1,00	nenhum	0,25	87	2008	15,00	4,80	100,00
88	ótima	1,00	nenhum	0,25	88	2008	20,00	100,00	4,80
89	boa	0,75	nenhum	0,25	89	2008	15,00	100,00	0,00
90	boa	0,75	poço	0,75	90	2008	20,00	100,00	4,80
91	regular	0,50	nenhum	0,25	91	2008	40,00	100,00	0,00
92	regular	0,50	nenhum	0,25	92	2008	20,00	100,00	12,00
93	ruim	0,25	nenhum	0,25	93	2008	70,00	100,00	4,80
94	ruim	0,25	nenhum	0,25	94	2008	70,00	4,80	0,00
95	regular	0,50	nenhum	0,25	95	2008	100,00	4,80	0,00
96	regular	0,50	nenhum	0,25	96	2008	15,00	12,00	0,00

Cons.= Conservação; Prod 1= Produtividade 1; Prod 2= Produtividade 2; Prod 3= Produtividade 3

Continuação da Tabela 4. 1b

USR	Cons. do Solo	Conservação do solo	tipo de reserva hídrica	Potencial Hídrico	Lei da selva	Cronológico	Prod 1 Física(t/ha/ano)	Produ 2 Física(t/ha/ano)	Prod 3 Física(t/ha/ano)
97	regular	0,50	nenhum	0,25	97	2008	40,00	0,00	0,00
98	regular	0,50	nenhum	0,25	98	2008	4,80	0,00	0,00
99	regular	0,50	nenhum	0,25	99	2008	40,00	100,00	4,80
100	boa	0,75	nenhum	0,25	100	2008	15,00	0,00	0,00
101	boa	0,75	nenhum	0,25	101	2008	40,00	0,00	0,00
102	boa	0,75	nenhum	0,25	102	2008	40,00	100,00	0,00
103	boa	0,75	nenhum	0,25	103	2008	4,80	100,00	0,00
104	ótima	1,00	nenhum	0,25	104	2008	40,00	12,00	4,80
105	ótima	1,00	nenhum	0,25	105	2008	4,80	0,00	0,00
106	regular	0,50	açude	0,50	106	2008	12,00	0,00	0,00
107	regular	0,50	açude e poço	1,00	107	2008	15,00	100,00	4,80
108	regular	0,50	açude	0,50	108	2008	40,00	100,00	0,00
109	ruim	0,25	nenhum	0,25	109	2008	4,80	100,00	0,00
110	ruim	0,25	nenhum	0,25	110	2008	70,00	4,80	100,00
111	ruim	0,25	nenhum	0,25	111	2008	20,00	100,00	0,00
112	ruim	0,25	nenhum	0,25	112	2008	20,00	4,80	0,00
113	boa	0,75	nenhum	0,25	113	2008	15,00	100,00	4,80
114	boa	0,75	nenhum	0,25	114	2008	20,00	100,00	4,80
115	boa	0,75	açude	0,50	115	2008	70,00	100,00	0,00
116	regular	0,50	açude	0,50	116	2008	100,00	0,00	0,00
117	regular	0,50	poço	0,75	117	2008	100,00	4,80	0,00
118	regular	0,50	poço	0,75	118	2008	4,80	0,00	0,00
119	regular	0,50	nenhum	0,25	119	2008	100,00	0,00	0,00
120	regular	0,50	poço	0,75	120	2008	4,80	100,00	0,00
121	regular	0,50	nenhum	0,25	121	2008	4,80	0,00	0,00
122	ruim	0,25	nenhum	0,25	122	2008	12,00	0,00	0,00
123	ruim	0,25	açude	0,50	123	2008	20,00	100,00	12,00
124	ruim	0,25	nenhum	0,25	124	2008	20,00	4,80	0,00
125	boa	0,75	nenhum	0,25	125	2008	12,00	0,00	0,00
126	regular	0,50	nenhum	0,25	126	2008	15,00	100,00	4,80
127	ruim	0,25	nenhum	0,25	127	2008	20,00	100,00	0,00
128	ótima	1,00	nenhum	0,25	128	2008	100,00	0,00	0,00
129	ótima	1,00	poço	0,75	129	2008	20,00	100,00	0,00
130	boa	0,75	nenhum	0,25	130	2008	100,00	0,00	0,00
131	regular	0,50	poço	0,75	131	2008	15,00	100,00	0,00
132	regular	0,50	nenhum	0,25	132	2008	4,80	100,00	0,00
133	ruim	0,25	nenhum	0,25	133	2008	40,00	100,00	0,00
134	boa	0,75	nenhum	0,25	134	2008	40,00	4,80	0,00
135	boa	0,75	açude	0,50	135	2008	4,80	12,00	100,00
136	boa	0,75	açude	0,50	136	2008	4,80	0,00	0,00
137	boa	0,75	poço	0,75	137	2008	100,00	70,00	15,00
138	boa	0,75	poço	0,75	138	2008	40,00	0,00	0,00
139	boa	0,75	nenhum	0,25	139	2008	40,00	0,00	0,00
140	boa	0,75	poço	0,75	140	2008	40,00	0,00	0,00
141	boa	0,75	açude	0,50	141	2008	100,00	4,80	40,00
142	regular	0,50	nenhum	0,25	142	2008	20,00	100,00	0,00
143	regular	0,50	nenhum	0,25	143	2008	100,00	0,00	0,00
144	regular	0,50	nenhum	0,25	144	2008	100,00	0,00	0,00
145	regular	0,50	nenhum	0,25	145	2008	100,00	0,00	0,00

Cons.= Conservação; Prod 1= Produtividade 1; Prod 2= Produtividade 2; Prod 3= Produtividade 3

Tabela 4.1c – Dados do Rendimento bruto, Volume anual e Eficiência física.

USR	Rend Bruto 1 (US\$/ha/ano)	Rend Bruto 2 (US\$/ha/ano)	Rend Bruto 3 (US\$/ha/ano)	Vol 1 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Vol 2 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Vol 3 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Eficiência Física 1 (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiência Física 2 (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiência Física 3 (Kg/m <sup>3</sup> )
1	10000,00	12000,00	6000,00	4613	8396	4613	0,0043	0,0030	0,0043
2	36000,00	2100,00	0,00	8921	15590	0	0,0078	0,0064	
3	2100,00	6000,00	12000,00	15590	4613	4003	0,0064	0,0043	0,0050
4	4500,00	2100,00	12000,00	4613	15590	4003	0,0033	0,0064	0,0050
5	2100,00	36000,00	6000,00	15590	8921	4613	0,0064	0,0078	0,0043
6	2100,00			15590			0,0064		
7	1600,00	660,00		8000	16880		0,0006	0,0007	
8	1600,00	2100,00	660,00	8000	15590	16880	0,0006	0,0064	0,0007
9	2100,00	1600,00	660,00	15590	8000	16880	0,0064	0,0006	0,0007
10	10000,00	2100,00	6000,00	4613	15590	4613	0,0043	0,0064	0,0043
11	2100,00			15590			0,0064		
12	1600,00	2100,00	660,00	8000	15590	16880	0,0006	0,0064	0,0007
13	2100,00	660,00	1600,00	15590	16880	8000	0,0064	0,0007	0,0006
14	2100,00	660,00	1600,00	15590	16880	8000	0,0064	0,0007	0,0006
15	660,00	1600,00		16880	8000		0,0007	0,0006	
16	10000,00	11000,00		4613	8000		0,0043	0,0063	
17	4500,00			4613			0,0033		
18	660,00			16880			0,0007		
19	1600,00	660,00		8000	16880		0,0006	0,0007	
20	12000,00			8396			0,0030		
21	2100,00	1600,00	660,00	15590	8000	16880	0,0064	0,0006	0,0007
22	10000,00	1600,00		4613	8000		0,0043	0,0006	
23	2100,00	1600,00	660,00	15590	8000	16880	0,0064	0,0006	0,0007
24	12500,00	2100,00		11762	15590	0	0,0034	0,0064	
25	12500,00	2100,00	12000,00	11762	15590	4003	0,0034	0,0064	0,0050
26	12000,00	4500,00		4003	4613		0,0050	0,0033	
27	12000,00			8396			0,0030		
28	12000,00			8396			0,0030		
29	9500,00	4500,00		4613	4613		0,0022	0,0033	
30	1600,00			8000			0,0006		
31	12000,00	2100,00	4500,00	4003	15590	4613	0,0050	0,0064	0,0033
32	12000,00			8396			0,0030		
33	12000,00	1600,00		8396	8000		0,0030	0,0006	
34	2100,00			15590			0,0064		
35	2100,00			15590			0,0064		
36	12000,00	6000,00	10000,00	8396	4613	4613	0,0030	0,0043	0,0043
37	660,00	1600,00		16880	8000		0,0007	0,0006	
38	36000,00			8921			0,0078		
39	36000,00	2100,00	12000,00	8921	15590	8396	0,0078	0,0064	0,0030
40	36000,00	2100,00		8921	15590		0,0078	0,0064	
41	2100,00			15590			0,0064		
42	36000,00	2100,00	4500,00	8921	15590	4613	0,0078	0,0064	0,0033
43	2100,00	1600,00	660,00	15590	8000	16880	0,0064	0,0006	0,0007
44	12500,00	1600,00		11762	8000		0,0034	0,0006	
45	10000,00	2100,00		4613	15590		0,0043	0,0064	
46	4500,00	1600,00		4613	8000		0,0033	0,0006	
47	12000,00	2100,00	1600,00	4003	15590	8000	0,0050	0,0064	0,0006
48	10000,00			4613			0,0043		

Red= Rendimento; Vol= Volume

Continuação da Tabela 4.1c

USR	Rend Bruto 1 (US\$/ha/ano)	Rend Bruto 2 (US\$/ha/ano)	Rend Bruto 3 (US\$/ha/ano)	Vol 1 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Vol 2 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Vol 3 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Eficiência Física 1 (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiência Física 2 (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiência Física 3 (Kg/m <sup>3</sup> )
49	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
50	1600,00			8000			0,0006		
51	1600,00			8000			0,0006		
52	2100,00			15590			0,0064		
53	36000,00	1600,00		8921	8000		0,0078	0,0006	
54	2100,00	660,00	10000,00	15590	16880	4613	0,0064	0,0007	0,0043
55	660,00	1600,00		16880	8000		0,0007	0,0006	
56	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
57	6000,00	1600,00		4613	8000		0,0043	0,0006	
58	1600,00			8000			0,0006		
59	4500,00	1600,00		4613	8000		0,0033	0,0006	
60	10000,00			4613			0,0043		
61	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
62	6000,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0043	0,0064	0,0006
63	9500,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0022	0,0064	0,0006
64	4500,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0033	0,0064	0,0006
65	1600,00			8000			0,0006		
66	2100,00			15590			0,0064		
67	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
68	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
69	12500,00	1600,00	2100,00	11762	8000	15590	0,0034	0,0006	
70	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
71	1600,00			8000			0,0006		
72	4500,00	1600,00	2100,00	4613	8000	15590	0,0033	0,0006	0,0064
73	12500,00			11762			0,0034		
74	10000,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0043	0,0064	0,0006
75	4500,00	1600,00		4613	8000		0,0033	0,0006	
76	9500,00	2100,00		4613	15590		0,0022	0,0064	
77	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
78	10000,00	2100,00		4613	15590		0,0043	0,0064	
79	12500,00	1600,00	4800,00	11762	8000	12000	0,0034	0,0006	0,0007
80	10000,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0043	0,0064	0,0006
81	12500,00	1600,00		11762	8000		0,0034	0,0006	
82	1600,00	10000,00	2100,00	8000	4613	15590	0,0006	0,0043	0,0064
83	2100,00			15590			0,0064		
84	1600,00	4500,00	2100,00	8000	4613	15590	0,0006	0,0033	0,0064
85	12500,00	2100,00		11762	15590		0,0034	0,0064	
86	6000,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0043	0,0064	0,0006
87	4500,00	1600,00	2100,00	4613	8000	15590	0,0033	0,0006	0,0064
88	10000,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0043	0,0064	0,0006
89	4500,00	2100,00		4613	15590		0,0033	0,0064	
90	6000,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0043	0,0064	0,0006
91	12500,00	2100,00		11762	15590		0,0034	0,0064	
92	10000,00	2100,00	660,00	4613	15590	16880	0,0043	0,0064	0,0007
93	36000,00	2100,00	1600,00	8921	15590	8000	0,0078	0,0064	0,0006
94	36000,00	1600,00		8921	8000		0,0078	0,0006	
95	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
96	4500,00	660,00		4613	16880		0,0033	0,0007	

Red= Rendimento; Vol= Volume



Continuação da Tabela 4.1c

USR	Rend Bruto 1 (US\$/ha/ano)	Rend Bruto 2 (US\$/ha/ano)	Rend Bruto 3 (US\$/ha/ano)	Vol 1 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Vol 2 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Vol 3 anual (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Eficiência Física 1 (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiência Física 2 (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiência Física 3 (Kg/m <sup>3</sup> )
97	12500,00			11762			0,0034		
98	1600,00			8000			0,0006		
99	12500,00	2100,00	1600,00	11762	15590	8000	0,0034	0,0064	0,0006
100	4500,00			4613			0,0033		
101	12500,00			11762			0,0034		
102	12500,00	2100,00		11762	15590		0,0034	0,0064	
103	1600,00	2100,00		8000	15590		0,0006	0,0064	
104	12500,00	300,00	1600,00	11762	21000	8000	0,0034	0,0006	0,0006
105	1600,00			8000			0,0006		
106	660,00			16880			0,0007		
107	4500,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0033	0,0064	0,0006
108	12500,00	2100,00		11762	15590		0,0034	0,0064	
109	1600,00	2100,00		8000	15590		0,0006	0,0064	
110	36000,00	1600,00	2100,00	8921	8000	15590	0,0078	0,0006	0,0064
111	12000,00	2100,00		4003	15590		0,0050	0,0064	
112	12000,00	1600,00		4003	8000		0,0050	0,0006	
113	4500,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0033	0,0064	0,0006
114	10000,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0043	0,0064	0,0006
115	36000,00	2100,00		8921	15590		0,0078	0,0064	
116	2100,00			15590			0,0064		
117	2100,00	1600,00		15590	8000		0,0064	0,0006	
118	1600,00			8000			0,0006		
119	2100,00			15590			0,0064		
120	1600,00	2100,00		8000	15590		0,0006	0,0064	
121	1600,00			8000			0,0006		
122	660,00			16880			0,0007		
123	12000,00	2100,00	660,00	4003	15590	16880	0,0050	0,0064	0,0007
124	6000,00	1600,00		4613	8000		0,0043	0,0006	
125	660,00			16880			0,0007		
126	4500,00	2100,00	1600,00	4613	15590	8000	0,0033	0,0064	0,0006
127	12000,00	2100,00		4003	15590		0,0050	0,0064	
128	2100,00			15590			0,0064		
129	6000,00	2100,00		4613	15590		0,0043	0,0064	
130	2100,00			15590			0,0064		
131	4500,00	2100,00		4613	15590		0,0033	0,0064	
132	1600,00	2100,00		8000	15590		0,0006	0,0064	
133	12500,00	2100,00		11762	15590		0,0034	0,0064	
134	12500,00	1600,00		11762	8000		0,0034	0,0006	
135	1600,00	660,00	2100,00	8000	16880	15590	0,0006	0,0007	0,0064
136	1600,00			8000			0,0006		
137	2100,00	36000,00	4500,00	15590	8921		0,0064	0,0078	
138	12500,00			11762			0,0034		
139	12500,00			11762			0,0034		
140	12500,00			11762			0,0034		
141	2100,00	1600,00	12500,00	15590	8000	11762	0,0064	0,0006	0,0034
142	12000,00	2100,00		4003	15590		0,0050	0,0064	
143	2100,00			15590			0,0064		
144	2100,00			15590			0,0064		
145	2100,00			15590			0,0064		

Red= Rendimento; Vol= Volume



Tabela 4.1d – Dados da Eficiência econômica, Limite Inferior do Requerimento hídrico tolerável, Fração do ano na atividade e Grau de dependência hídrica

	Efic 1 Econômica (US\$/m³)	Efic 2 Econômica (US\$/m³)	Efic 3 Econômica (US\$/m³)	Eficiên- cia Econô- mica	limite inf 1 do requerimento hid. Tolerável (%)	limite inf 2 do requerimento hid. Tolerável (%)	limite inf 3 do requerimento hid. Tolerável (%)	Fração do ano na atividade1 (%)	Fração do ano na atividade2 (%)	Fração do ano na atividade3 (%)	Grau de Dependência Hídrica
1	2,17	1,43	1,30	4,90	0,7	0,7	0,7	1,00	0,65	0,40	0,48
2	4,04	0,10		4,14	0,7	0,7		1,00	1,00		0,73
3	0,13	0,65	6,00	6,78	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,32
4	0,98	0,20	4,51	5,69	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,55
5	0,13	8,07	1,30	9,51	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,60
6	0,13			0,13	0,7			1,00	0,00	0,00	0,70
7	0,20	0,04		0,24	0,7	0,7		0,40	0,40	0,00	0,19
8	0,20	0,20	0,07	0,47	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	0,40	0,42
9	0,13	0,33	0,02	0,49	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	0,40	0,44
10	2,17	0,27	1,30	3,74	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,60
11	0,13			0,13	0,7			1,00		0,00	0,70
12	0,20	0,13	0,02	0,35	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	0,40	0,39
13	0,13	0,04	0,20	0,37	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	0,40	0,42
14	0,13	0,16	0,20	0,49	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	0,40	0,56
15	0,04	0,10		0,14	0,7	0,7		0,40	0,40		0,28
16	2,17	1,38		3,54	0,7	0,7		1,00			0,35
17	0,98			0,98	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
18	0,04			0,04	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
19	0,20	0,04		0,24	0,7	0,7	0,7	0,40	0,40		0,28
20	1,43			1,43	0,7	0,7	0,7	0,65			0,46
21	0,13	0,20	0,04	0,37	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	0,40	0,42
22	2,17	0,20		2,37	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
23	0,13	0,20	0,08	0,41	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	0,40	0,45
24	1,06	0,20		1,26	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
25	1,06	0,09	9,99	11,15	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,60
26	3,00	0,98		3,97	0,7	0,7	0,7		1,00		0,35
27	1,43			1,43	0,7	0,7	0,7	0,65			0,46
28	1,43			1,43	0,7	0,7	0,7	0,65			0,46
29	2,06	0,98		3,03	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00		0,49
30	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
31	3,00	0,27	0,98	4,24	0,7	0,7	0,7		1,00	1,00	0,35
32	1,43			1,43	0,7	0,7	0,7	0,65			0,46
33	1,43	0,20		1,63	0,7	0,7	0,7	0,65	0,40		0,37
34	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00	0,00		0,70
35	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00	0,00		0,70
36	1,43	3,90	2,17	7,50	0,7	0,7	0,7	0,65	0,40	1,00	0,47
37	0,04	0,20		0,24	0,7	0,7	0,7	0,40	0,40		0,28
38	4,04			4,04	0,7	0,7	0,7	1,00	0,00		0,70
39	4,04	0,07	2,86	6,96	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,65	0,64
40	4,04	0,40		4,44	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
41	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00	0,00		0,70
42	4,04	0,27	0,98	5,28	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	1,00	0,70
43	0,13	0,40	0,04	0,57	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	0,40	0,49
44	1,06	0,20		1,26	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
45	2,17	0,13		2,30	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
46	0,98	0,20		1,18	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
47	3,00	0,03	0,27	3,30	0,7	0,7	0,7		1,00	0,40	0,46
48	2,17			2,17	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70

Efic= Eficiência

Continuação da Tabela 4.1d

USR	Efic 1 Econômica (US\$/m²)	Efic 2 Econômica (US\$/m²)	Efic 3 Econômica (US\$/m²)	Eficiên cia Econô mica	limite inf 1 do requeirimento hid. Tolerável [%]	limite inf 2 do requeirimento hid. Tolerável [%]	limite inf 3 do requeirimento hid. Tolerável [%]	Fração do ano na atividade1 [%]	Fração do ano na atividade2 [%]	Fração do ano na atividade3 [%]	Grado de Dependência Hídrica
49	0,13	0,20		0,33	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
50	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
51	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
52	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
53	4,04	0,05		4,09	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,36
54	0,13	0,04	1,56	1,73	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	1,00	0,58
55	0,04	0,20		0,24	0,7	0,7	0,7	0,40	0,40		0,28
56	0,13	0,20		0,33	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
57	1,30	0,20		1,50	0,7	0,7	0,7	0,40	0,40		0,28
58	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40	0,00		0,28
59	0,98	0,20		1,18	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
60	2,17			2,17	0,7	0,7	0,7	1,00	0,00		0,70
61	0,13	0,14		0,28	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,46
62	1,30	0,04	0,52	1,86	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	0,40	0,52
63	2,06	0,03	0,27	2,36	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	0,40	0,49
64	0,98	0,03	0,71	1,72	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,72
65	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
66	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
67	0,13	0,40		0,53	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,56
68	0,13	0,10		0,23	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,42
69	1,06	0,25		1,31	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	1,00	0,51
70	0,13	0,40		0,53	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,56
71	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40	0,00		0,28
72	0,98	0,20	0,07	1,24	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	1,00	0,60
73	1,06			1,06	0,7	0,7	0,7	1,00	0,00		0,35
74	2,17	0,13	0,10	2,40	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,49
75	0,98	0,10		1,08	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,42
76	2,06	0,02		2,08	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00		0,64
77	0,13	0,58		0,71	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,59
78	2,17	0,07		2,24	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
79	1,06	0,20	0,20	1,46	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,25
80	2,17	0,03	0,98	3,17	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,64
81	1,06	0,29		1,36	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,53
82	0,20	2,17	0,13	2,50	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	1,00	0,56
83	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00	0,00		0,70
84	0,20	0,98	0,02	1,20	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	1,00	0,65
85	1,06	0,08		1,14	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
86	1,30	0,11	0,20	1,61	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	0,40	0,43
87	0,98	0,06	0,20	1,24	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	1,00	0,49
88	2,17	0,27	0,20	2,64	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,60
89	0,98	0,04		1,02	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
90	1,30	0,02	1,20	2,52	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00	0,40	0,60
91	1,06	0,05		1,11	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
92	2,17	0,06	0,12	2,35	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,62
93	4,04	0,04	1,40	5,47	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,82
94	4,04	0,13		4,17	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,45
95	0,13	0,20		0,33	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
96	0,98	0,04		1,01	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49

Efc= Eficiência

Continuação da Tabela 4.1d

USR	Efic 1 Econômica (US\$/m²)	Efic 2 Econômica (US\$/m²)	Efic 3 Econômica (US\$/m²)	Eficiên- cia Econô- mica	limite inf 1 do requeirimento hid. Tolerável [%]	limite inf 2 do requeirimento hid. Tolerável [%]	limite inf 3 do requeirimento hid. Tolerável [%]	Fração do ano na atividade1 [%]	Fração do ano na atividade2 [%]	Fração do ano na atividade3 [%]	Grado de Dependência Hídrica
97	1,06			1,06	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
98	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
99	1,06	0,13	0,20	1,40	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,56
100	0,98			0,98	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
101	1,06			1,06	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
102	1,06	0,03		1,10	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
103	0,20	0,07		0,27	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00		0,56
104	1,06	0,01	0,40	1,47	0,7	0,7	0,7	1,00		0,40	0,25
105	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
106	0,04			0,04	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
107	0,98	0,13	0,20	1,31	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,56
108	1,06	0,04		1,10	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
109	0,20	0,08		0,28	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00		0,54
110	4,04	0,20	0,02	4,26	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	1,00	0,65
111	3,00	0,13		3,13	0,7	0,7	0,7		1,00		0,35
112	3,00	0,07		3,06	0,7	0,7	0,7		0,40		0,21
113	0,98	0,27	0,20	1,44	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,60
114	2,17	0,02	1,20	3,39	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,65
115	4,04	0,04		4,08	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
116	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
117	0,13	0,20		0,33	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,49
118	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
119	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
120	0,20	0,13		0,33	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00		0,49
121	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
122	0,04			0,04	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
123	3,00	0,09	0,04	3,12	0,7	0,7	0,7		1,00	0,40	0,37
124	1,30	0,05		1,35	0,7	0,7	0,7	0,40	0,40		0,28
125	0,04			0,04	0,7	0,7	0,7	0,40			0,28
126	0,98	0,10	0,20	1,28	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	0,40	0,55
127	3,00	0,02		3,02	0,7	0,7	0,7		1,00		0,61
128	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
129	1,30	0,02		1,32	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00		0,64
130	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
131	0,98	0,03		1,01	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
132	0,20	0,07		0,27	0,7	0,7	0,7	0,40	1,00		0,56
133	1,06	0,03		1,09	0,7	0,7	0,7	1,00	1,00		0,70
134	1,06	0,07		1,13	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40		0,39
135	0,20	0,03	0,13	0,36	0,7	0,7	0,7	0,40	0,40	1,00	0,44
136	0,20			0,20	0,7	0,7	0,7	0,40	0,00		0,28
137	0,13	13,92			0,7	0,7	0,7	1,00	1,00	1,00	0,70
138	1,06			1,06	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
139	1,06			1,06	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
140	1,06			1,06	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
141	0,13	1,11	0,19	1,44	0,7	0,7	0,7	1,00	0,40	1,00	0,67
142	3,00	0,02		3,01	0,7	0,7	0,7		1,00		0,63
143	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
144	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70
145	0,13			0,13	0,7	0,7	0,7	1,00			0,70

Efc= Eficiência

Tabela 4.1e – Dados do Volume anual, Volume médio diário, Grau de escolaridade, Nível de desmatamento, Tipo de poluição.

USR	Nº de Pessoas	Volume anual (m³)	Volume médio diário (m³)	Geração de Emprego	Escolaridade	Grau de escolaridade	Nível de desmatamento	Desmatamento	Tipo de poluição	Potencial Poluidor
1	4	8.811,00	130,00	0,00045	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	irrigação	0,50
2	2	14.749,90		0,00014	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação e piscicultura	0,25
3	2	7.204,75	87,30	0,00028	1º Grau Completo	0,75	altíssimo	0,25	irrigação	0,50
4	4	50.342,99		0,00008	3º Grau Completo	1,00	altíssimo	0,25	irrigação e piscicultura	0,25
5	5	11.178,50	87,30	0,00045	1º grau incompleto	0,50	altíssimo	0,25	irrigação	0,50
6	8	15.590,00	87,50	0,00051	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
7	8	24.880,00	260,40	0,00032	1º grau incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
8	4	7.543,60	55,30	0,00053	1º Grau Completo	0,75	médio	0,75	nenhum	1,00
9	4	37.270,00	225,50	0,00011	1º Grau Incompleto	0,50	altíssimo	0,25	irrigação	0,50
10	17	29.429,00	346,10	0,00058	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	irrigação	0,50
11	8	31.180,00	174,40	0,00026	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
12	4	14.337,50	87,50	0,00028	1º Grau Completo	0,75	médio	0,75	irrigação	0,50
13	8	40.470,00	261,70	0,00020	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação	0,50
14	4	21.810,00	130,50	0,00018	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação	0,50
15	4	8.388,80	65,90	0,00048	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	irrigação	0,50
16	4	6.306,50		0,00063	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	irrigação e piscicultura	0,25
17	8	9.226,00		0,00087	1º Grau Completo	0,75	alto	0,50	irrigação e piscicultura	0,25
18	2	16.880,00	173,00	0,00012	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
19	4	12.440,00	173,50	0,00032	1º Grau Incompleto	0,50	altíssimo	0,25	irrigação	0,50
20	4	4.198,00	86,90	0,00095	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
21	15	20.235,00	132,50	0,00074	2º Grau	1,00	médio	0,75	piscicultura	0,75
22	4	3.153,25	44,60	0,00127	Analfabeto	0,25	médio	0,75	piscicultura	0,75
23	16	32.030,00	220,90	0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
24	12	11.181,60		0,00107	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação e piscicultura	0,25
25	4	12.512,15	89,10	0,00032	Analfabeto	0,25	alto	0,50	nenhum	1,00
26	4	2.154,00	44,00	0,00186	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	nenhum	1,00
27	14	8.396,00	173,30	0,00167	1º Grau Incompleto	0,50	altíssimo	0,25	irrigação	0,50
28	8	8.396,00		0,00095	1º Grau Incompleto	0,50	altíssimo	0,25	irrigação e piscicultura	0,25
29	8	2.306,50	86,90	0,00347	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	nenhum	1,00
30	2	4.000,00		0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação e piscicultura	0,25
31	4	14.104,50		0,00028	1º Grau Incompleto	0,50	altíssimo	0,25	irrigação e piscicultura	0,25
32	4	4.198,00		0,00095	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	irrigação e piscicultura	0,25
33	8	8.198,00		0,00098	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação e piscicultura	0,25
34	4	46.770,00	262,30	0,00009	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	nenhum	1,00
35	4	31.180,00	174,10	0,00013	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
36	8	34.414,00	443,40	0,00023	Analfabeto	0,25	médio	0,75	nenhum	1,00
37	4	4.976,00	69,70	0,00080	Analfabeto	0,25	médio	0,75	piscicultura	0,75
38	8	8.921,00		0,00090	Analfabeto	0,25	médio	0,75	irrigação e piscicultura	0,25
39	8	12.124,25	61,60	0,00066	Analfabeto	0,25	alto	0,50	piscicultura	0,75
40	4	21.176,50		0,00019	Analfabeto	0,25	médio	0,75	irrigação e piscicultura	0,25
41	2	31.180,00	174,70	0,00006	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	nenhum	1,00
42	2	19.022,50	173,50	0,00011	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	nenhum	1,00
43	16	14.015,00	88,30	0,00114	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
44	37	9.881,00	90,40	0,00374	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
45	16	10.101,50	88,00	0,00158	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
46	12	3.153,25	44,80	0,00381	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
47	13	22.590,75	174,50	0,00058	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
48	11	2.306,50	44,50	0,00477	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	piscicultura	0,75

Continuação da Tabela 4.1e

USR	Nº de Pessoas	Volume anual (m³)	Volume médio diário (m³)	Geração de Emprego	escolaridade	Grav de escolaridade de	Tipo de desmata mento	Desmata mento	Tipo de poluição	Potencial Poluidor
49	8	23.590,00	174,10	0,00034	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
50	8	16.000,00	173,30	0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
51	4	16.000,00	174,20	0,00025	1º Grau Incompleto	0,50	altíssimo	0,25	piscicultura	0,75
52	4	31.180,00	173,70	0,00013	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
53	5	40.921,00	432,80	0,00012	Analfabeto	0,25	médio	0,75	nenhum	1,00
54	8	38.882,07		0,00021	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação e piscicultura	0,25
55	8	24.880,00	173,50	0,00032	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
56	4	23.590,00	173,70	0,00017	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
57	4	6.306,50	88,00	0,00063	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
58	4	8.000,00	87,30	0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
59	8	3.153,25	44,00	0,00254	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
60	11	11.532,50	218,30	0,00095	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	piscicultura	0,75
61	4	13.395,00	105,00	0,00030	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	piscicultura	0,75
62	4	30.331,50	224,50	0,00013	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
63	8	90.973,00	693,80	0,00009	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
64	8	93.763,00	556,90	0,00009	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	piscicultura	0,75
65	4	16.000,00	173,30	0,00025	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	piscicultura	0,75
66	2	155.900,00	865,60	0,00001	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
67	12	78.360,00	520,70	0,00015	Analfabeto	0,25	alto	0,50	nenhum	1,00
68	4	31.590,00	260,20	0,00013	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	nenhum	1,00
69	8	18.162,00	156,50	0,00044	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
70	8	78.360,00	520,60	0,00010	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
71	8	17.760,00	44,10	0,00045	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
72	8	43.793,00	348,60	0,00018	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
73	23	11.762,00	176,40	0,00196	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
74	8	36.203,00	243,70	0,00022	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
75	8	20.613,00	261,50	0,00039	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
76	4	16.328,08	102,50	0,00024	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
77	16	110.180,00	701,40	0,00015	3º Grau Completo	1,00	médio	0,75	irrigação	0,50
78	2	53.689,50	390,40	0,00004	2º Grau	1,00	médio	0,75	irrigação	0,50
79	13	87.524,00	696,60	0,00015	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	piscicultura	0,75
80	8	181.526,00	856,10	0,00004	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
81	21	68.888,00	408,00	0,00030	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
82	8	14.101,50	133,20	0,00057	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
83	12	31.180,00	181,50	0,00038	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
84	14	106.153,00	695,80	0,00013	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	nenhum	1,00
85	8	76.685,90	937,40	0,00010	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	nenhum	1,00
86	12	27.280,40		0,00044	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação e piscicultura	0,25
87	12	29.619,72	180,60	0,00041	Analfabeto	0,25	médio	0,75	piscicultura	0,75
88	8	16.408,00	174,70	0,00049	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	piscicultura	0,75
89	17	51.383,00	349,00	0,00033	Analfabeto	0,25	alto	0,50	piscicultura	0,75
90	29	106.153,00	697,00	0,00027	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
91	11	19.824,32	118,90	0,00055	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
92	12	34.961,84	233,20	0,00034	Analfabeto	0,25	médio	0,75	piscicultura	0,75
93	4	67.466,00	349,70	0,00006	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
94	4	41.842,00	432,70	0,00010	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
95	4	47.180,00	347,50	0,00008	1º grau incompleto	0,50	baixo	1,00	irrigação	0,50
96	4	10.746,50	87,60	0,00037	Analfabeto	0,25	médio	0,75	nenhum	1,00

Continuação da Tabela 4.1e

USR	Nº de Pessoas	Volume anual (m³)	Volume médio diário (m³)	Geração de Emprego	escolaridade	Grau de escolaridade de	Tipo de desmatamento	Desmatamento	Tipo de poluição	Potencial Poluidor
97	3	23.524,00	346,40	0,00013	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
98	4	8.000,00	87,20	0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
99	3	35.352,00	260,50	0,00008	2º grau	1,00	médio	0,75	piscicultura	0,75
100	0	18.452,00		0,00000	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	piscicultura	0,75
101	2	4.704,80	69,60	0,00043	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
102	2	74.122,00	434,60	0,00003	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	nenhum	1,00
103	2	78.360,00	521,20	0,00003	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	irrigação	0,50
104	4	30.881,00	173,40	0,00013	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação	0,50
105	4	8.000,00	61,00	0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
106	8	16.880,00	87,40	0,00047	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
107	2	14.101,50	130,70	0,00014	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
108	8	56.179,60	331,00	0,00014	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
109	13	20.390,00	139,90	0,00064	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	nenhum	1,00
110	4	55.230,50	244,00	0,00007	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	nenhum	1,00
111	12	9.796,50		0,00122	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	irrigação e piscicultura	0,25
112	40	56.006,00	698,10	0,00071	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	piscicultura	0,75
113	8	16.408,00	174,40	0,00049	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	piscicultura	0,75
114	8	53.076,50	243,60	0,00015	Analfabeto	0,25	médio	0,75	nenhum	1,00
115	8	11.138,20	49,90	0,00072	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação	0,50
116	8	15.590,00	88,40	0,00051	Analfabeto	0,25	médio	0,75	nenhum	1,00
117	4	23.590,00	174,60	0,00017	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	irrigação	0,50
118	4	8.000,00	87,10	0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
119	4	62.360,00	345,90	0,00006	1º Grau Incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
120	8	23.590,00	174,00	0,00034	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
121	8	16.000,00	173,00	0,00050	1º Grau Incompleto	0,50	baixo	1,00	irrigação	0,50
122	4	101.280,00	365,60	0,00004	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	piscicultura	0,75
123	13	35.031,92	229,60	0,00037	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação	0,50
124	12	18.306,50	216,80	0,00066	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	irrigação	0,50
125	15	33.760,00	176,60	0,00044	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	nenhum	1,00
126	20	27.142,01	240,50	0,00074	Analfabeto	0,25	médio	0,75	piscicultura	0,75
127	4	56.566,50	346,00	0,00007	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
128	4	15.590,00	87,60	0,00026	2º Grau	1,00	baixo	1,00	nenhum	1,00
129	11	130.670,77	823,40	0,00008	1º Grau Incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
130	2	56.591,70	316,30	0,00004	Analfabeto	0,25	alto	0,50	irrigação	0,50
131	12	133.946,00	866,90	0,00009	3º grau completo	1,00	alto	0,50	nenhum	1,00
132	2	39.180,00	261,00	0,00005	Analfabeto	0,25	alto	0,50	irrigação	0,50
133	4	106.948,68	435,00	0,00004	Analfabeto	0,25	médio	0,75	irrigação	0,50
134	5	18.233,86	175,80	0,00027	1º grau incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
135	7	18.875,00	116,80	0,00037	1º grau incompleto	0,50	alto	0,50	piscicultura	0,75
136	1	5.760,00	62,50	0,00017	1º grau incompleto	0,50	médio	0,75	piscicultura	0,75
137	8	18.177,09	202,80	0,00044	Analfabeto	0,25	alto	0,50	piscicultura	0,75
138	2	7.762,92	57,40	0,00026	Analfabeto	0,25	médio	0,75	piscicultura	0,75
139	3	19.642,54	144,80	0,00015	Analfabeto	0,25	alto	0,50	irrigação	0,50
140	4	10.938,66	81,10	0,00037	Analfabeto	0,25	baixo	1,00	nenhum	1,00
141	5	43.188,00	283,20	0,00012	1º grau incompleto	0,50	médio	0,75	irrigação	0,50
142	6	48.211,08	291,50	0,00012	1º grau incompleto	0,50	médio	0,75	nenhum	1,00
143	4	48.796,70	270,40	0,00008	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	nenhum	1,00
144	4	8.574,50	47,90	0,00047	Analfabeto	0,25	altíssimo	0,25	irrigação	0,50
145	4	55.188,60	306,80	0,00007	1º grau incompleto	0,50	alto	0,50	nenhum	1,00

## ANEXO 4.2

Culturas		Consumo de Água (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Produtividade Física (t/ha/ano)	Rendimento Bruto (US\$/ha/ano)	Eficiência Física (kg/m <sup>3</sup> )	Eficiência Econômica (US\$/m <sup>3</sup> )
		A	B	C	B/A	C/A
FRUTAS	Abacate	5.578	10,0	3.000	1,79	0,54
	Abacaxi	4.003	30,0	6.000	7,49	1,50
	Acerola	4.613	15,0	4.500	3,25	0,97
	Banana	11.762	40,0	12.500	3,40	1,06
	Goiaba	4.613	20,0	10.000	4,34	2,71
	Graviola	4.613	10,0	9.500	2,17	2,06
	Limão	4.613	20,0	13.500	4,34	2,93
	Manga	4.003	20,0	12.000	5,00	3,00
	Maracujá	5.973	12,0	9.000	2,01	1,51
	Melão	8.000	50,0	11.000	6,25	1,38
	Mamão	8.396	25,0	12.000	2,98	1,43
	Tangerina	4.613	20,0	6.000	4,34	1,30
	Uva	4.918	40,0	30.000	8,13	6,10
GRÃOS	Arroz	21.000	12,0	300	0,57	0,01
	Feijão	8.000	4,8	1.600	0,60	0,20
	Milho	16.880	12,0	660	0,71	0,04
	Soja	8.000	6,0	400	0,75	0,05
OUTRAS	Algodão	12.000	8,0	4.800	0,67	0,40
	Cana-de-Açúcar	15.590	100,0	2.100	6,41	0,13

Fonte: Banco do Nordeste do Brasil S/A (2006)

## ANEXO 4.3

**Universidade Federal de Campina Grande - UFCG**  
**Doutorado Temático em Recursos Naturais**  
**FICHA INDIVIDUAL DE PESQUISA**

Pesquisa sobre pesos a serem atribuídos para aplicação de um modelo multicritério para alocação de água em um trecho de rio do Sistema Curema-Açu.

Critérios a serem abordados: Técnico, Econômico, Social e Ambiental.

Nome: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Formação: \_\_\_\_\_

Cargo/Função: \_\_\_\_\_

Em sua opinião quais critérios seriam de maior importância para aplicação em um modelo multicritério de alocação de água no Sistema Curema -Açu (Trecho - 2).

**Coloque um valor (peso) em termos percentuais na ordem de prioridade, de forma que a soma seja igual a 100 %.**

**CRITÉRIOS GERAIS**

<b>Critérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
1. Técnico	
2. Econômico	
3. Social	
4. Ambiental	
<b>SOMA</b>	<b>100</b>

Aspectos a serem observados no critério **Técnico**

<b>Sub-critérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
Eficiência	
Conservação do solo	
Reserva Hídrica	
Se outros quais	
<b>SOMA</b>	<b>100</b>

Aspectos a serem observados no critério **Econômico**

<b>Sub-critérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
Eficiência Econômica	
Grau de dependência hídrica	
Se outros quais	
<b>SOMA</b>	<b>100</b>

Aspectos a serem observados no critério **Social**

<b>Sub-critérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
Geração de Emprego	
Grau de escolaridade	
Se outros quais	
<b>SOMA</b>	<b>100</b>

Aspectos a serem observados no critério **Ambiental**

<b>Sub-critérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
Potencial Poluidor	
Desmatamento	
Se outros quais	
<b>SOMA</b>	<b>100</b>



## ANEXO 4.4

### Apresentação do Problema Simplificado (Kelman 2000)

Suponha a situação em que 5 usuários utilizam água como insumo de produção para suas respectivas atividades econômicas. A água é captada em um trecho de rio ou canal onde não existe reservatório com capacidade relevante de regularização. Sejam  $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5$  as demandas dos usuários ordenadas de montante para jusante. Admite-se que os usuários sejam todos consuntivos, ou seja, que consumem plenamente as quantidades demandadas, não havendo fluxo de retorno.

Tanto as demandas de água  $u_i$  como o volume afluyente ao trecho é referente a um mesmo intervalo de tempo  $t$ . No caso deste exemplo, a demanda total  $d$  é igual a 100 unidades volumétricas.

O volume afluyente, à montante do usuário 1, é dado por  $Q + q_h + q_e$ , onde:

- $Q$  é a disponibilidade hídrica para fins produtivos;
- $q_h$  é a reserva hídrica para consumo humano e dessedentação de animais;
- $q_e$  é a reserva hídrica para a preservação do ecossistema.

O volume afluyente é uma variável aleatória, porém neste capítulo é assumido que será sempre maior do que  $q_h + q_e$ , o que implica dizer que nunca faltará água para atender às necessidades básicas não econômicas. Portanto, o problema apresentado se resume à distribuição da água como insumo de produção.

Se  $Q \geq d$ , então a demanda de todos os usuários poderá ser atendida e não existe problema de escassez. A probabilidade deste evento é representada por  $P(Q \geq d)$ . Porém, se  $Q < d$ , nem todos os usuários poderão ser atendidos, e será necessário definir algum critério de racionamento que estabeleça quais usuários têm prioridade de uso sobre os demais. A probabilidade associada à escassez de água é dada por  $P(Q < d)$ .

#### Mecanismos Alternativos de Alocação:

Muitas regiões com escassez de água, inclusive o semi-árido do nordeste brasileiro, não apresentam nenhum sistema ordenado de racionamento. Desta forma fica

impossível reservar água para usos prioritários, inclusive para o consumo humano. A ausência total de qualquer ordenamento, seja jurídico, econômico ou social, é chamada de “lei da selva hídrica”, onde o acesso à água se faz naturalmente de montante para jusante. O usuário 1, por estar mais a montante, é o primeiro a ter acesso à água, seguido pelos usuários 2, 3, 4 e 5, nesta ordem. Note que por este sistema, o acesso à água é totalmente ligado à localização da terra, embora não haja qualquer suporte legal para este comportamento.

Neste modelo, a probabilidade de um usuário ser racionado cresce de montante para jusante da seguinte forma:

- A probabilidade de racionamento do usuário 1 é  $P(Q < u_1)$ ;
- A probabilidade de racionamento do usuário 2 é  $P(Q < u_1 + u_2)$ .

Generalizando, a probabilidade do usuário  $i$  ser racionado é dada por  $P(Q < \sum_{j=1}^i u_j)$

Em bacias onde há escassez de água, o ideal seria criar um modelo de racionamento que estabeleça prioridades de acesso baseadas em alguma racionalidade, seja econômica ou social. Qualquer que seja o modelo adotado, será necessária a instalação de uma infraestrutura de controle para que os direitos de uso possam ser respeitados. Isto resulta num custo chamado de “custo de transação”, que deve ser repartido entre os usuários de forma proporcional às suas respectivas demandas. Assim, cada usuário deve contribuir com uma parcela igual a  $u_i$  para manter o sistema administrativo e de controle, onde  $u_i$  é o preço unitário do direito de uso da água.

### **Prioridade cronológica:**

No oeste americano, adota-se, desde o século XIX, um sistema de racionamento baseado na data em que o poder concedente forneceu a outorga de direito de uso da água ao usuário. Quanto mais antiga a outorga, maior será sua prioridade de uso. Este sistema apresenta a vantagem de os próprios usuários realizarem seu controle, pois se não houver água disponível para um usuário, um outro com outorga mais recente jamais poderá estar utilizando a água. Essa facilidade no controle leva a um valor de  $u_i$  pequeno.

Na Califórnia, em anos recentes, estas outorgas vêm sendo negociadas em “mercados de água”, onde as outorgas mais antigas são, obviamente, as mais valorizadas. Isto evidencia que não há qualquer relação entre o direito de uso da água e a posse da terra. Este sistema de racionamento, dotado de racionalidade jurídica e de simples implementação, tem no “water commissioner” o elemento responsável pelo controle e administração, a quem cabe a prerrogativa de acionar as estruturas hidráulicas que controlam os fluxos de água.

Como no caso do racionamento baseado na “lei da selva hídrica”, a adoção do modelo cronológico resulta numa probabilidade de racionamento diferente para cada usuário. Enquanto na “lei da selva hídrica”, a probabilidade de racionamento é crescente no sentido de montante para jusante, no método cronológico, a probabilidade de racionamento é crescente no sentido das outorgas mais antigas para as mais recentes.

#### **Alocação Baseada no Custo de Oportunidade:**

Neste sistema, a prioridade de acesso à água é estabelecida de acordo com o custo de oportunidade. O usuário declara seu custo de oportunidade ao poder concedente, e quanto maior for este valor, maior será sua prioridade de uso. O custo de oportunidade é equivalente ao benefício líquido  $b_i$  que o usuário  $i$  obtém pela utilização de uma unidade volumétrica de água no intervalo de tempo  $t$  considerado, assumindo que o custo da água seja zero. Os demais custos unitários, incluindo o preço  $c$ , devem ser considerados. Conforme se verifica, o aspecto de eficiência é priorizado pela adoção de um mecanismo econômico de alocação.

Como a água é alocada preferencialmente às atividades que geram um maior benefício unitário com o seu uso, a probabilidade de racionamento cresce no sentido das atividades com maior benefício unitário para as com menor benefício unitário. A tabela 1 mostra como ficariam as prioridades de uso da água para os modelos vistos até o momento. As datas das outorgas, na terceira coluna, e os benefícios unitários, na quarta coluna, foram arbitrados para dar continuidade ao exemplo.

**Tabela 1 – Prioridades de acesso a água segundo Kelman 2000.**

Usuário	Demanda	Data da Outorga	Benefício Unitário	Prioridade de Acesso à Água		
				“Lei da Selva Hídrica”	“Cronológico”	“Custo de Oportunidade”
$i$	$u_i$		$b_i$			
1	10	1961	5	1	3	4
2	30	1932	7	2	1	3
3	20	1975	10	3	4	1
4	25	1980	8	4	5	2
5	15	1955	3	5	2	5
$d = 100$						

Fonte: Kelman (2000)

Definidas as prioridades de uso, as Tabelas 2 a 5 a seguir, mostram quais seriam os resultados dos racionamentos para cada um dos modelos explicados anteriormente. Foi arbitrada uma condição de escassez em que o volume afluyente  $Q$  é igual a 80 unidades volumétricas. A última coluna das tabelas mostra o benefício total gerado por cada usuário, servindo de parâmetro para comparar a eficiência de todos os modelos.

**Tabela 2 - Lei da Selva Hídrica.**

Usuário	Prioridade	Benefício Unitário	Demanda	Volume Atendido	Benefício Econômico
$i$		$b_i$	$u_i$	$q_i$	$b_i q_i$
1	1	5	10	10	50
2	2	7	30	30	210
3	3	10	20	20	200
4	4	8	25	20	160
5	5	3	15	0	0
Total			$d = 100$	$Q = 80$	620

Fonte: Kelman (2000)

**Tabela 3 – Linear.**

Usuário	Prioridade	Benefício Unitário	Demanda	Volume Atendido	Benefício Econômico
$i$		$b_i$	$u_i$	$q_i$	$b_i q_i$
1	-	5	10	8	40
2	-	7	30	24	168
3	-	10	20	16	160
4	-	8	25	20	160
5	-	3	15	12	36
Total			$d = 100$	$Q = 80$	564

Fonte: Kelman (2000)

**Tabela 4 – Cronológico.**

Usuário	Prioridade	Benefício Unitário	Demanda	Volume Atendido	Benefício Econômico
$i$		$b_i$	$u_i$	$q_i$	$b_i q_i$
1	3	5	10	10	50
2	1	7	30	30	210
3	4	10	20	20	200
4	5	8	25	5	40
5	2	3	15	15	45
Total			$d = 100$	$Q = 80$	545

Fonte: Kelman (2000)

**Tabela 5 - Custo de oportunidade.**

Usuário	Prioridade	Benefício Unitário	Demanda	Volume Atendido	Benefício Econômico
$i$		$b_i$	$u_i$	$q_i$	$b_i q_i$
1	4	5	10	5	25
2	3	7	30	30	210
3	1	10	20	20	200
4	2	8	25	25	200
5	5	3	15	0	0
Total			$d = 100$	$Q = 80$	635

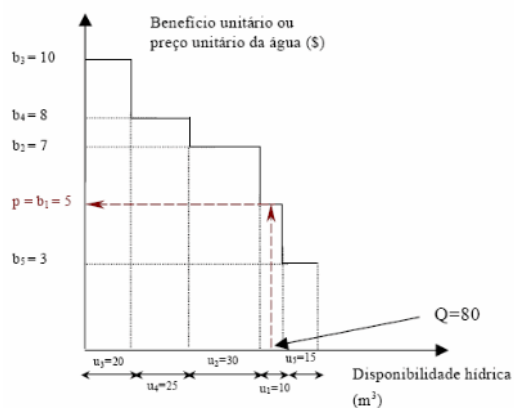
Fonte: Kelman (2000)

Observa-se pelas Tabelas 2 a 5, que o modelo baseado no custo de oportunidade é o que possui maior benefício econômico. Este modelo de racionamento, embora seja muito eficiente, é muito injusto socialmente, pois marginaliza os usuários com menor custo de oportunidade, provavelmente os mais frágeis economicamente.

Para corrigir este fato indesejado, nos períodos em que há escassez, é prevista uma cobrança pelo uso da água, que servirá para beneficiar todos os usuários do sistema. A cobrança é proporcional ao volume atendido, sendo o total arrecadado utilizado em investimentos em infra-estrutura, custeio de atividades ou compensação financeira, o que for de interesse coletivo dos usuários, conforme decisão tomada no âmbito da associação de usuários ou do comitê de bacia hidrográfica.

Não se deve confundir esta cobrança, que é proporcional ao volume atendido e só realizada em períodos de racionamento, com a cobrança do “custo de transação”, que é proporcional ao volume demandado e ocorre sempre (com ou sem racionamento).

Na hipótese de racionamento, o preço unitário  $p$  a ser cobrado pela água é igual ao benefício unitário do usuário que sofre racionamento parcial, chamado de “usuário limite”. No exemplo deste sistema, o usuário 1 é quem sofre racionamento parcial, e como seu benefício unitário é igual a \$5, o preço unitário a ser cobrado dos usuários não racionados também será igual a \$5. Cumpre destacar que neste sistema, o preço da água varia inversamente com a disponibilidade hídrica, e, no limite, quando  $Q > d$ , o preço é nulo. O conceito é ilustrado pela Figura a.



Fonte: Kelman (2000)

**Figura a – Determinação do preço da água em regime de racionamento.**

Note que este critério de cobrança é bastante coerente com o sistema baseado no custo de oportunidade, já que o benefício unitário representa o preço máximo que o usuário estaria disposto a pagar pela água para não ser racionado. O usuário 5, que tem benefício unitário igual a \$3, prefere ser racionado e deixar de pagar \$5. O usuário 3, que tem benefício unitário igual a \$10, prefere pagar \$5 pela água, não ser racionado, e continuar, mesmo assim, lucrando a diferença  $(10 - 5) = \$5$ .

Como já mencionado, uma das possibilidades para o montante arrecado pela cobrança pelo uso da água é compensar financeiramente aqueles usuários menos favorecidos economicamente. Esta é uma medida de justiça social. Um critério razoável é ratear a compensação entre todos os usuários, racionados ou não, de forma que todos eles alcancem um mesmo percentual de seus respectivos potenciais benefícios  $b_i u_i$ . O resultado final obtido por um usuário  $i$ , após o recebimento de sua parcela  $q_i$  da compensação financeira será:  $b_i q_i - p q_i + \gamma_i = \alpha b_i u_i$ , onde  $\alpha$  é o percentual fixo.

Fazendo um somatório da equação acima para todos os usuários  $i$  resulta em:

$$\sum b_i q_i - p \sum q_i + \sum \gamma_i = \alpha \sum b_i u_i$$

$$\sum b_i q_i - pQ + \sum \gamma_i = \alpha \sum b_i u_i$$

No caso do montante arrecadado pela cobrança ser totalmente restituído aos usuários através de suas respectivas compensações financeiras  $\gamma_i$ :

$$\sum b_i q_i - pQ + pQ = \alpha \sum b_i u_i \quad \alpha = \frac{\sum b_i q_i}{\sum b_i u_i}$$

Para o exemplo dado,  $\alpha$  é igual a 0,9. Isto quer dizer que após a realização da compensação financeira, todos os usuários conseguiram um benefício igual a 90% do que seria alcançado se não tivesse havido racionamento. É um resultado bem superior aos 80% conseguidos pelo método de racionamento linear, mostrando a eficiência da utilização de mecanismos econômicos na alocação de recursos hídricos.

Observa-se que com o mecanismo da compensação financeira, até os usuários racionados têm um ganho (Tabela 6). É lógico que se um usuário for sistematicamente racionado, é sinal de que foram distribuídas mais outorgas do que a capacidade do rio. O correto é retirar esta outorga de modo que o usuário não mais se aproveite dos benefícios gerados pelos outros usuários.

**Tabela 6 – Compensação financeira.**

Usuário	Prioridade	Benefício Unitário	Demanda	Volume Atendido	Benefício Econômico	Custo da Água	Compensação Financeira	Resultado Final
$i$		$b_i$	$u_i$	$q_i$	$b_i q_i$	$p q_i$	$\gamma_i$	
1	4	5	10	5	25	25	45	45
2	3	7	30	30	210	150	129	189
3	1	10	20	20	200	100	80	180
4	2	8	25	25	200	125	105	180
5	5	3	15	0	0	0	41	41
<b>Total</b>			<b><math>d = 100</math></b>	<b><math>Q = 80</math></b>	<b>635</b>	<b><math>pQ = 400</math></b>	<b>400</b>	<b>635</b>

Fonte: Kelman (2000)