

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AMBIENTALE RECURSOS HÍDRICOS – PTARH**

**ALOCAÇÃO TERRITORIAL DE LONGO PRAZO DE
VAZÕES OUTORGÁVEIS COM DIFERENTES
GARANTIAS**

ALEXANDRE AUGUSTO MOREIRA SANTOS

ORIENTADOR: OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO

COORIENTADOR: AFONSO HENRIQUES MOREIRA SANTOS

**TESE DE *DOCTORADO* EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS**

**PUBLICAÇÃO: PTARH
BRASÍLIA – DF, DEZEMBRO / 2010**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS – PTARH

ALOCAÇÃO TERRITORIAL DE LONGO PRAZO DE VAZÕES
OUTORGÁVEIS COM DIFERENTES GARANTIAS

ALEXANDRE AUGUSTO MOREIRA SANTOS

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.

APROVADA POR:

Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto
(UnB) (Orientador)

Prof. Marco Antônio Almeida de Souza
(Examinador Interno)

Profª. Conceição de Maria Alves
(Examinador Interno)

Prof. Francisco de Assis Souza Filho
(Examinador Externo)

Prof. Antônio Eduardo Leão Lanna
(Examinador Externo)

Brasília/DF, 15 de dezembro de 2010.

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, ALEXANDRE AUGUSTO MOREIRA

Alocação Territorial de Longo Prazo de Vazões Outorgáveis com Diferentes Garantias. (2010)

xix, 202p., 297mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2010). Tese de Doutorado– Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

1. Gestão de recursos hídricos	2. Vazões outorgáveis com diferentes garantias
3. Alocação territorial de água	4. Negociação inter-regional de vazões outorgáveis
1.ENC/FT/UnB	II.Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, A. A. M. (2010). Alocação Territorial de Longo Prazo de Vazões Outorgáveis com Diferentes Garantias. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD– 01/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 222p.

CESSÃO DE CRÉDITOS

AUTOR: Alexandre Augusto Moreira Santos

TÍTULO: Alocação Territorial de Longo Prazo de Vazões Outorgáveis com Diferentes Garantias.

GRAU: DOUTOR

ANO: 2010

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado poderá ser reproduzida sem autorização por escrito.

Alexandre Augusto Moreira Santos
Rua Cel. Joaquim Francisco, 341
37501 – 052. Itajubá – MG - Brasil

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, antes de tudo um grande ser humano, com quem tive o prazer de trabalhar e desfrutar de sua amizade.

Ao meu irmão e co-orientador Prof. Afonso Henriques Moreira Santos, grande incentivador da elaboração deste trabalho, sem o qual, por certo, eu teria desistido pelo caminho.

Aos meus filhos Frederico e Betina, pela compreensão e aceitação dos meus momentos de impaciência e de falta de tempo para dedicar-lhes a merecida atenção.

À Agência Nacional de Águas (ANA), por ter apoiado, através de sua diretoria, a minha participação no curso de doutorado da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (UNB).

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (PTARH) pela amizade e dedicação demonstrada ao longo de nossa convivência.

Aos meus colegas, professores do Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá (IRN/UNIFEI) pelo apoio e incentivo.

Aos professores Benedito Silva e Rafael Capaz pela grande colaboração na caracterização e uso dos recursos hídricos na bacia do rio Lambari, área de estudo para aplicação da metodologia desenvolvida.

Ao meu ex-aluno, engenheiro hídrico Tiago Batista, pela enorme colaboração, dedicando preciosas horas de seu descanso para auxiliar-me na organização deste trabalho.

Ao meu amigo Leandro Carneiro, pelo excelente trabalho, auxiliando-me na revisão e formatação do texto.

À empresa iX Consultoria e Representações Ltda., através de seus diretores, pelo apoio material e pessoal, além do incentivo nos momentos difíceis.

Aos meus colegas do programa de doutorado, que durante o tempo de nossa convivência demonstraram grande amizade e apoio.

A todos os meus amigos, que de alguma forma colaboraram para o êxito dessa empreitada, fazendo-me acreditar, que apesar das grandes dificuldades enfrentadas após muitos anos afastado dos bancos escolares, seria possível atingir o resultado esperado.

DEDICATÓRIA

Aos professores, alunos e ex-alunos do curso de Engenharia Hídrica, da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, sonho daqueles que, revivendo o pioneirismo de nossa escola, acreditaram que poderíamos ousar e construir o primeiro curso de engenharia no Brasil, a ter como foco o uso e a gestão das águas.

RESUMO

Nas últimas décadas, tem-se observado um significativo crescimento da demanda por água, devido ao desenvolvimento da economia, crescimento populacional, dentre diversos outros fatores. Por sua vez, é notória a limitação das disponibilidades hídricas que são caracterizadas pela distribuição irregular, tanto geográfica como temporal e, em inúmeras situações, insuficientes para o atendimento das crescentes necessidades de todos os setores produtivos e, principalmente, para as necessidades básicas da população, como o abastecimento de água potável.

Neste trabalho, é dado o enfoque ao gerenciamento de recursos hídricos como forma de melhor distribuir a água, para sustentar e fomentar o desenvolvimento econômico e social, conservando o meio ambiente, considerando que a avaliação adequada da demanda e a estimativa da disponibilidade hídrica são elementos fundamentais para a eficaz implantação dos instrumentos de gestão, destacadamente a outorga.

Desenvolveu-se uma ferramenta metodológica que possibilita aos comitês de bacia promover a alocação territorial da água, de forma a permitir que diferentes regiões possam negociar suas disponibilidades de água, respeitando os níveis de garantias e os critérios de restrição pré-estabelecidos. A ferramenta permite simular as diversas possibilidades de trocas de água entre territórios, considerando os diferentes níveis de satisfação que uma determinada quantidade, com certa garantia, pode proporcionar para a sociedade da região considerada.

Aplicou-se a metodologia de negociação desenvolvida à bacia hidrográfica do rio Lambari, no Estado de Minas Gerais, onde, pelos critérios de outorga adotados atualmente, grandes trechos de seus principais cursos d'água estão com os limites outorgáveis esgotados.

Os resultados obtidos foram extremamente satisfatórios, visto que permitiram ampliar a capacidade de utilização da água na bacia, com as regiões trabalhadas trocando as águas que produzem, e conseqüentemente, ampliando os limites outorgáveis da água de que necessitam, de modo a atender a suas demandas específicas.

Ao final, conclui-se que o critério atualmente adotado para se outorgar a água em uma determinada bacia hidrográfica, tanto de domínio dos estados, como de domínio da União, tendo por base um percentual de uma vazão de referência correspondente a um período de escassez, é extremamente conservador e um grande limitador ao

desenvolvimento socioeconômico, sendo possível avançar no sentido de possibilitar o uso de águas com diferentes garantias e promover trocas dessas águas entre as diversas regiões da bacia.

ABSTRACT

The past decades presented a considerable increase of water demand, due to economy development and population growth among other reasons. In the same time, the limitation of resources availability is remarkable. The characteristics of this availability are geographical and seasonal irregular distribution. In many situations the resources are not enough to satisfy the population growing request, mainly for drinking water supply for example.

This study supports the water resources management as the best way for water distribution, in order to sustain and stimulate social and economical development and still conserve the natural environment. Considering time variation and demand, the adequate estimation of water resources availability is essential to apply the correct implementation of management tools, grants in particular.

The research proposes to develop a methodologic tool that allows the Basin committees to promote a territorial water allocation. This way it will be possible for different regions of the same Basin to negotiate their available volumes according to different warranty levels and respecting all present restrictions criteria. The tool developed in this thesis allows the simulation of many possible exchanges between territories considering different satisfaction levels that a determined water volume can bring to the considered region.

The methodology was applied to Lambari river watershed in the Minas Gerais state where, according to the grant standards used currently, a major part of its main river channels overflow their concessional limits bringing complications to the local economy. The obtained results were highly satisfactory as they show an increase of water utilization capacity in the basin. All the studied regions exchange water or grant rights, looking to meet their particular demand.

Finally, it is concluded that the current criteria (which is based in a reference flow percentage corresponding to a scarcity period and used for water grants in a specific basin of States or Government domain) is extremely conservative and restricts the social-economic development allowing the water use under different warranties and to promote the water exchange through the different areas of he determined basin.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	5
2.1 - OBJETIVO GERAL	5
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4 - REFERENCIAL TEÓRICO	33
4.1 - A EVOLUÇÃO DA GESTÃO E ALOCAÇÃO DA ÁGUA	33
4.2 - A POLÍTICA DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA NO BRASIL	37
4.3 - PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO PARA RECURSOS HÍDRICOS.....	42
4.4 - NEGOCIAÇÃO	44
4.5 - TEORIA DOS JOGOS.....	46
4.6 - CONCEITOS ECONÔMICOS	49
4.6.1 - Riqueza.....	51
4.6.2 - Valor adicionado	52
4.6.3 - Utilidade	54
4.6.4 - Utilidade marginal.....	57
4.6.4.1. Relação das utilidades marginais de dois bens.....	59
4.6.5 - Curva de indiferença	61
4.6.6 - Caixa de Edgeworth	64
4.6.7 - Curva de contrato	67
4.6.8 - A teoria da utilidade associada a risco	68
4.6.8.1. Aversão ao risco – A função de Von Neumann-Morgenstern	69
5 - METODOLOGIA	71
6 - DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA METODOLÓGICA.....	73
6.1 - RIQUEZA HÍDRICA REGIONAL	73
6.2 - OUTORGA DE DIFERENTES VAZÕES, ASSOCIADAS A RISCOS	74
6.3 - ALOCAÇÃO TERRITORIAL DA ÁGUA	76
6.3.1 - Modelo atual de alocação.....	76
6.3.2 - Alocação com base técnica ou econômica	78
6.3.3 - Critérios técnicos de alocação territorial	80

6.3.3.1. Utilização de uma mesma política de alocação, sobre a vazão natural afluyente à unidade de gestão hídrica.	82
6.3.3.2. Utilização de uma mesma política de alocação, sobre a vazão natural no exutório da unidade de gestão hídrica.	83
6.3.3.3. Utilização de uma mesma política de alocação, sobre a vazão incremental de cada unidade de gestão hídrica.	84
6.3.4 - Critérios econômicos de alocação territorial.....	85
6.3.4.1. Modelagem de alocação utilizando o valor adicionado.....	85
6.3.4.2. Modelagem de alocação utilizando a teoria da utilidade.....	86
6.4 - NEGOCIAÇÃO INTERREGIONAL DE ÁGUA	101
6.4.1 - O equilíbrio de Nash e o ótimo de Pareto na negociação de água	101
6.4.2 - Determinação das curvas de indiferença para cada região.....	102
6.4.3 - Mecanismos de busca do ponto ótimo de negociação.....	103
6.4.3.1. Método gráfico de busca.....	104
6.4.3.2. Método computacional de busca	104
6.4.4 - Incorporação de restrições na permuta de bens.....	105
6.5 - A OUTORGA NO ÂMBITO DA ALOCAÇÃO COM BASE NA TEORIA DA UTILIDADE.....	108
6.5.1 - A outorga de água condicionada à alocação de longo prazo.....	108
6.5.2 - O controle das outorgas.....	110
7 - APLICAÇÃO DO MODELO A UMA BACIA HIPOTÉTICA	113
7.1 - ALOCAÇÃO COM BASE TÉCNICA, UTILIZANDO-SE DE UMA MESMA POLÍTICA (K), SOBRE A VAZÃO NATURAL DO CURSO D'ÁGUA (1º CRITÉRIO).	114
7.1.1 - Aplicação e análise do modelo.....	114
7.2 - ALOCAÇÃO COM BASE TÉCNICA, UTILIZANDO-SE DE UMA MESMA POLÍTICA(K), SOBRE A VAZÃO NO EXUTÓRIO DE CADA UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA – UGH (2º CRITÉRIO).....	114
7.2.1 - Aplicação e análise do modelo.....	114
7.3 - ALOCAÇÃO COM BASE TÉCNICA, UTILIZANDO-SE DE UMA MESMA POLÍTICA (K), SOBRE A VAZÃO INCREMENTAL DE CADA UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA – UGH (3º CRITÉRIO).....	115
7.3.1 - Aplicação e análise do modelo.....	115

7.4 - ALOCAÇÃO COM BASE ECONÔMICA UTILIZANDO-SE DO VALOR ADICIONADO.....	116
7.4.1 - Aplicação e análise do modelo.....	116
7.5 - ALOCAÇÃO COM BASE ECONÔMICA, UTILIZANDO-SE DA TEORIA DA UTILIDADE.....	117
7.5.1 - Aplicação e análise do modelo.....	118
7.5.1.1. Determinação das curvas de utilidade da UGH1.....	118
7.5.1.2. Determinação das curvas de utilidade da UGH2.....	119
7.5.1.3. Determinação das curvas de indiferença para as UGHs1 e 2.....	120
7.5.1.4. Determinação do ponto ótimo de permuta.....	123
7.5.2 - Análise comparativa do modelo de alocação pela utilidade.....	127
8 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA À ÁREA DE ESTUDOS.....	128
8.1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	128
8.1.1 - Localização geográfica.....	128
8.1.2 - Hidrografia.....	130
8.1.3 - Relevo.....	132
8.1.4 - Clima.....	133
8.1.5 - Uso atual de água na bacia.....	133
8.2 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	139
8.2.1 - Construção do cenário tendencial para o uso da água.....	139
8.2.1.1. Consumo urbano.....	140
8.2.1.2. Consumo rural.....	141
8.2.1.3. Consumo para criação de animais.....	142
8.2.1.4. Consumo industrial.....	143
8.2.1.5. Consumo para irrigação.....	144
8.2.2 - Divisão da bacia hidrográfica em Unidades de Gestão Hídrica (UGH).....	145
8.2.3 - Vazões demandadas por cada setor usuário em cada UGH.....	148
8.2.4 - Vazões de diferentes garantias demandadas pelas UGHs.....	150
8.2.5 - Vazões de referência para negociação e outorga.....	151
8.2.6 - Determinação das curvas de indiferença para as UGHs do rio Lambari.....	153
8.2.7 - Relações de preços e restrições nos exutórios das UGHs.....	154
8.2.8 - Trocas de águas de diferentes riscos.....	154
9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	163
ANEXOS.....	180

ANEXO I – ITERAÇÕES DECORRENTES DA APLICAÇÃO DO MÉTODO COMPUTACIONAL DE BUSCA ENTRE AS UGHS 1 E 2 (BACIA HIPOTÉTICA)180

ANEXO II – ITERAÇÕES DECORRENTES DA APLICAÇÃO DO MÉTODO COMPUTACIONAL DE BUSCA ENTRE AS UGHS 1 E 2 (ÁREA DE ESTUDO) SEGUNDO OS QUADROS PROPOSTOS187

ANEXO III – PROGRAMA DE BUSCA COMPUTACIONAL DO PONTO ÓTIMO DE TROCAS – (CD)

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Critérios de outorga adotados pela União e alguns Estados.....	40
Tabela 7.1 -Vazões características aplicadas as UGHs.	113
Tabela 7.2 - Resultados para o primeiro critério técnico.....	114
Tabela 7.3 - Resultados para o segundo critério técnico.	115
Tabela 7.4 - Resultados para o terceiro critério técnico.	115
Tabela 7.5 - Constantes para a expressão de valor agregado para cada UGH.	117
Tabela 7.6 - Resultados para alocação de água pelo critério do valor adicionado.....	117
Tabela 7.7 - Vazões iniciais e finais para as UGHs 1 e 2 (Método Gráfico).	123
Tabela 7.8 - Dados iniciais das UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).	125
Tabela 7.9 – Simulação computacional para as UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).	126
Tabela 7.10 - Vazões iniciais e finais para as UGHs 1 e 2 (Método Computacional).	127
Tabela 8.1 – Outorgas superficiais nas bacias do rib. de Poços e do rib. das Antas.	134
Tabela 8.2 - Balanço das vazões outorgadas com base na $Q_{7;10}$	137
Tabela 8.3 - Balanço das vazões outorgadas com base na Q_{95}	139
Tabela 8.4 -Vazão de retirada <i>per capita</i> por espécie.	142
Tabela 8.5 -Outorgas para uso industrial na bacia do rio Lambari.....	143
Tabela 8.6 -Demanda total de água na bacia do rio Lambari.	145
Tabela 8.7 -Área dos municípios nas unidades de gestão (km^2).	146
Tabela 8.8 -Vazão demandada por segmento nas UGHs (m^3/s).....	148
Tabela 8.9 -Água demandada por cada UGH.....	151
Tabela 8.10 -Vazões de referência produzidas em cada UGH.	152
Tabela 8.11 -Vazões passíveis de negociação e outorga.	152
Tabela 8.12 - Vazões efetivamente negociáveis.....	152
Tabela 8.13 -Parâmetros relativos ao Quadro I.	155

Tabela 8.14 - Simulação computacional para o Quadro I.	155
Tabela 8.15–Resultados relativos ao Quadro I.....	156
Tabela 8.16 -Parâmetros relativos ao Quadro II.....	157
Tabela 8.17 - Simulação para o Quadro II.	157
Tabela 8.18–Resultados relativos ao Quadro II.....	158
Tabela 8.19 -Parâmetros relativos ao Quadro III.	159
Tabela 8.20 - Simulação para o Quadro III.	159
Tabela 8.21–Resultados relativos à iteração 133 do Quadro III.....	160
Tabela 8.22–Resultados relativos à iteração 132 do Quadro III.....	160
Tabela 8.23- Demandas de água e disponibilidades de outorga (m ³ /s).....	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1- O processo de produção e o conceito de valor adicionado.....	54
Figura 4.2 - Curva de Utilidade.....	55
Figura 4.3 - Curva de utilidade de dois bens, para um consumidor.....	56
Figura 4.4 - Curvas de utilidade de um bem, para diferentes consumidores.....	57
Figura 4.5 - Utilidade marginal.....	59
Figura 4.6 - Curvas de utilidade para dois bens (ótica de um consumidor).....	62
Figura 4.7 - Curvas de indiferença para dois produtos (x_1 e x_2).....	63
Figura 4.8 - Caixa de Edgeworth.....	65
Figura 4.9 - Região de vantagem mútua e a curva de contrato.....	66
Figura 4.10 - Curva de contrato.....	68
Figura 4.11 - Curva de utilidade de Von Neumann – Morgenstern.....	69
Figura 5.1 - Diagrama do desenvolvimento metodológico.....	71
Figura 6.1 - Gráfico de permanência das vazões de referência.....	75
Figura 6.2 - Modelo atual de alocação de água.....	77
Figura 6.3 - Riqueza hídrica potencial e vazões naturais de cada região.....	79
Figura 6.4 - Vazões características nas UGHs de uma bacia hidrográfica hipotética.....	80
Figura 6.5 - Curvas de indiferença para duas vazões.....	90
Figura 6.6 - Consumidores elementares de duas regiões homogêneas distintas.....	91
Figura 6.7 -Curvas de utilidade elementar para a região A.....	92
Figura 6.8 - Curva de utilidade elementar para a região B.....	92
Figura 6.9 - Curva de utilidade equivalente para a região A.....	94
Figura 6.10 - Curva de utilidade equivalente para a região B.....	95
Figura 6.11 -Utilidades relativas às permanências das vazões.....	98
Figura 6.12 - Curvas de indiferença de A e B na caixa de Edgeworth.....	103

Figura 6.13–Método gráfico de busca.	104
Figura 6.14 -Método computacional de busca.....	105
Figura 6.15 - Regiões de montante, jusante e intermediarias.....	106
Figura 6.16 - Busca do ponto ótimo, com restrição.	107
Figura 6.17 -Outorgas na UGRH (R).	108
Figura 6.18 -Seção de captação.	110
Figura 6.19 -Curvas de Q_B , h_l e Q_{liq}	112
Figura 7.1 - Bacia hipotética para alocação técnica e econômica.	113
Figura 7.2 - Curvas de indiferença para as UGHs 1 e 2.	121
Figura 7.3 - Curvas de indiferença e curva de contrato para as UGHs 1 e 2.....	122
Figura 7.4 - Busca do ótimo de negociação entre as UGHs1 e 2 (Método Gráfico).....	124
Figura 8.1 - Localização geográfica da área de estudo.....	129
Figura 8.2 - Rede hidrográfica da bacia do rio Lambari.	131
Figura 8.3 -Mapa de relevo da bacia do rio Lambari.	132
Figura 8.4 -Distribuição das outorgas superficiais na bacia do rio Lambari.....	136
Figura 8.5 -Evolução das outorgas na bacia do rio Lambari.	138
Figura 8.6 -Evolução das vazões captadas pelo DMAE.....	140
Figura 8.7 -Evolução setorial da demanda de água na bacia do rio Lambari.....	145
Figura 8.8 - Divisão da bacia do rio Lambari em unidades de gestão (UGH).	147
Figura 8.9 - Evolução da vazão demandada por segmento na UGH 1.....	149
Figura 8.10 - Evolução da vazão demandada por segmento na UGH 2.....	149
Figura 8.11 - Comportamento das demandas nas UGHs 1 e 2.....	150

LISTA DE SÍMBOLOS

A_d – Área de drenagem

a – Constante de ajuste para o valor agregado

AI_{MG} – Área irrigada no estado de Minas Gerais

AI_{munic} – Área irrigada em cada município

AP_{MG} – Área plantada no estado de Minas Gerais

AP_{munic} – Área plantada em cada município

b – Constante de incremento para o valor agregado

CP_{rur} – Vazão rural *per capita* para estado de Minas Gerais

D – Duração da vazão

E – Esperança matemática

f – Função da curva chave

hl – Altura da lâmina d'água

k – Percentual outorgável

k_0 – Percentual outorgável

N – Número de consumidores elementares

P – Probabilidade de ocorrência das vazões

p – Preço associado à vazão

Pop_{rur} – População rural

Q – Vazão

Q_a – Vazão captada para abastecimento animal

Q_B – Vazão de bombeamento

Q_c – Vazão consumida

Q_e – Vazão efluente

Q_{el} – Vazão elementar

QI – Vazão incremental de referência (Com determinada probabilidade de excedência)

Q_{irrig} – Vazão captada para irrigação

Q_{liq} – Vazão natural menos os consumos de montante

QN – Vazão natural do curso d'água
 Q_0 – Vazão outorgável
 \dot{Q}_o – Vazão efetivamente outorgável (considerando a política pública)
 Q_R – Vazão de referência
 Q_r – Vazão de restrição no exutório
 Q_{rur} – Vazão captada para abastecimento rural
 Q_1 – Vazão com maior garantia
 Q_2 – Vazão com menor garantia (adicional)
 $Q_{7,10}$ – Vazão média dos sete dias consecutivos mais secos do histórico
 Q_{80} – Vazão com 80% de garantia no tempo
 Q_{95} – Vazão com 95% de garantia no tempo
 q - Vazão
 q_e - Vazão específica
 $q_{(esp. anim.)}$ - Vazão *per capita* (animal)
 $q_{(esp. irrig.)}$ - Vazão específica para irrigação
 q_o – Vazão específica outorgável
 q_u – Vazão unitária outorgável
 R – Riqueza
 $Rb_{(esp. anim.)}$ – Rebanho do município para cada espécie animal
 R_D – Renda disponível
 U - Utilidade
 U_e – Utilidade elementar
 U_{eq} – Utilidade equivalente
 U_t – Utilidade Total
 u' – Utilidade marginal
 VA – Valor Adicionado
 α - Constante
 β - Constante

W_h^i – Dotação inicial em bem "h" do qual dispõe o consumidor "i"

X_h^i – Consumo do bem "h" pelo consumidor "i"

I_n^i - Curva de indiferença do consumidor "i", referente a um nível de utilidade "n"

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

COGERH – Companhia de Recursos Hídricos do Ceará

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

EUA – Estados Unidos da América

GD6 – Unidade de Gestão de Recursos Hídricos - Grande 6

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM – Instituto de Gestão das Águas de Minas

MNT – Modelo Numérico do Terreno

NASA – Agência Nacional Aeroespacial

ONS – Operador Nacional do Sistema

PIB – Produto Interno Bruto

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

SAD – Sistema de Apoio à Decisão

SEBRAE – Serviço de Apoio a Micro e Pequena Empresa

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

UGH – Unidade de Gestão Hídrica

USA – United States of America

1 - INTRODUÇÃO

Os sistemas de gestão da água evoluíram de maneiras diferentes nas diversas regiões do planeta. Condições hidrológicas, necessidades da população, atividades econômicas e as características dos conflitos entre usuários, existentes ou potenciais, foram fundamentais na definição do modelo adotado por cada sociedade.

No Brasil, após a promulgação da Constituição de 1988, criaram-se as bases necessárias para chegar-se à lei que definiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9433/97, que tem, entre seus fundamentos, o uso múltiplo, a gestão compartilhada e a bacia hidrográfica como unidade de planejamento para o uso das águas, criando as bases para a adoção de uma gestão descentralizada, incluindo estado e sociedade, favorecendo o desenvolvimento de um processo de negociação permanente entre os atores envolvidos.

Nesse novo e decisivo momento, de implantação de uma mentalidade que implica em um rompimento com a prática adotada até pouco tempo atrás, é determinante para o sucesso de todo sistema o fortalecimento de um “Modelo de Gestão Negociada”, que tem, no Comitê de Bacia, a chave do sucesso.

Ao Estado é reservado um novo papel, o de gestor de um bem exclusivamente público, observando permanentemente as interfaces decorrentes dos distintos domínios, estadual e federal. Cabe a ele incentivar e apoiar a participação da sociedade nos comitês de bacia hidrográfica e, principalmente, fazer valer as diretrizes para o uso da água, que devem ser discutidas e decididas no interior dessas organizações, respeitados os limites determinados pela lei.

No âmbito do que delibera a Lei 9433/97, uma importante missão do Comitê de Bacia é participar da elaboração e aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica. A execução das diretrizes propostas e o acompanhamento de sua aplicação deve ser permanente, cobrando dos setores competentes as providências necessárias ao cumprimento de suas metas e atuando, no âmbito de sua competência, para tornar o plano uma ferramenta efetiva na busca da eficácia e da eficiência no uso das águas.

Definido como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica é um instrumento de planejamento estratégico, que visa a direcionar o uso racional de um recurso escasso e vulnerável.

Entre os objetivos específicos que devem estar contemplados em um plano de bacia, destacam-se aqueles descritos nos incisos VI e VII, art. 7º da Lei 9433/97, quais sejam: a definição de prioridades para a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos,

assim como a proposição para criação de áreas sujeitas às restrições de uso, com vista à proteção dos recursos hídricos.

A aplicação das diretrizes elencadas no plano de bacia, como a definição de prioridades para o uso da água, irá influenciar diretamente na fixação e no desenvolvimento das atividades socioeconômicas. Não restam dúvidas de que, ao se estabelecerem regras para alocação de um bem, presente em praticamente todas as cadeias produtivas, estar-se-á promovendo, mesmo que de maneira indireta, um ordenamento territorial da bacia.

A gestão compartilhada, um dos fundamentos da lei 9433/97, não é aceita de forma ampla em todo território nacional e tem encontrado variado grau de resistência por parte do setor público, nas diferentes regiões do Brasil. Segundo Souza Junior (2004), existe uma tendência de descentralização nos estados, muito embora essa se manifeste com caráter muito mais administrativo do que político. Mesmo nos estados onde existe a figura do comitê de bacia, sua composição é extremamente variada, com maior ou menor presença do poder público, dos usuários e da sociedade civil organizada, conforme a visão e os interesses dos legisladores locais, responsáveis pela elaboração das leis estaduais de recursos hídricos.

A existência de legislações diferentes, inúmeras vezes presentes dentro de uma mesma bacia hidrográfica, atuando sobre um bem público que pode mudar de jurisdição à medida que se movimentam no sistema hídrico, passando de domínio dos estados para a União, ou vice versa, demonstra que o desafio da gestão integrada das águas nacionais é de significativa complexidade.

Todos esses aspectos, normalmente de difícil equacionamento, aliados a tantos outros de natureza local ou regional, fazem parte do cenário onde atua o comitê da bacia hidrográfica, federal ou estadual, cuja ação está limitada aos cursos d'água que pertencem a um ou outro domínio. Assim, em um mesmo território, pode-se superpor bacias de rios de diferentes dominialidades, situação que ocorre em grande parte do território brasileiro, e que acrescenta um grau elevado de dificuldade para uma gestão integrada das águas.

Outro problema, esse de origem sociocultural, diz respeito à falta de compreensão do cidadão sobre a gestão descentralizada da água, baseada em um mecanismo de transferência de poder do estado para um colegiado, que se pretende representativo. Muitas vezes, observam-se contradições, com parte da sociedade clamando por descentralização, ao mesmo tempo em que defende a presença da mão-forte do estado na destinação do uso dos bens públicos. Isso se reflete em imobilismo, quanto à participação nos comitês,

explicado, em parte, pela pouca visibilidade dessas organizações junto à população, pelo sentimento de impotência, que se generaliza no país, e pela prepotência do estado, fazendo com que o cidadão se sinta impotente para alterar a realidade.

Os comitês de bacia enfrentam, em muitos dos casos, uma assimetria significativa de força entre os três setores que ali se fazem representar: o poder público, os usuários e a sociedade civil. Uma presença excessiva do poder público inibe a principal atribuição de um comitê de bacia, qual seja, a de promover um pacto sobre a melhor utilização da água, gerando compromissos mútuos, que possam ser constantemente reavaliados pelas partes, dependendo da disponibilidade do bem e dos interesses da bacia.

Os problemas elencados apenas confirmam o grande desafio que se apresenta, qual seja, a implementação de um novo modelo de gestão das águas, baseado na junção de interesses dos mais diversos agentes, que se pretende, estejam representados nos comitês de bacia, cujas ações permeiam o caráter político com maior ou menor intensidade.

Dentro desses desafios, tem papel de destaque a necessidade de se promoverem avanços nas discussões sobre a alocação e posteriormente a outorga de água, entendendo a primeira como uma a decisão política, territorial ou setorial e, a segunda, como o ato administrativo de transferência do uso de um bem público.

O modelo de descentralização e co-participação, que se aplica às águas de domínio da União, não se repete, obrigatoriamente, nos estados da federação.

Existem as mais diferentes formas de organização, nos sistemas de gerenciamento estaduais, desde modelos semelhantes ao adotado pela União até situações em que inexistem a figura do comitê de bacia, ou qualquer outro tipo de organização com participação direta da sociedade civil, que desempenhe um papel deliberativo no processo.

O modelo dominial que se adota leva à necessidade de que se estabeleça alguma limitação, para garantir um mínimo de quantidade e qualidade nos pontos de exutório dos domínios, concluindo que não é possível a existência de uma dominialidade absoluta (Kelman, 1999).

A Lei 9433/97 atribui ao comitê a missão de definir as prioridades de outorga, o que implica na possibilidade de diferenciar a alocação da água no território.

Os conflitos entre regiões e entre usuários se agravam, à medida que o estoque disponível de água se aproxima do limite outorgável, normalmente estabelecido de forma impositiva pela legislação, que se baseia em vazões de referência bastante reduzidas, em relação, por exemplo, a valores médios de longo prazo.

Assim, em grande parte do tempo, haverá suficiente quantidade de água no corpo hídrico sem que se possa disponibilizá-la para as mais diversas necessidades humanas, e por consequência, torna-se um fator determinante que inibe o desenvolvimento. O processo atual não permite que os usuários possam conviver com maiores riscos de falhas no atendimento.

Segundo Lanna *et al.* (1997), a única justificativa para a adoção de uma vazão de estiagem, como vazão de referência, é devida a uma excessiva precaução dos órgãos gestores. Sob qualquer outro ponto de vista, essa alternativa não pode ser justificada.

O modelo de alocação de água amplamente adotado no Brasil tem, como paradigma, a manutenção de uma vazão mínima no corpo hídrico, sem preocupação quanto aos prejuízos de montante ou quanto à possibilidade de uso de parte da água excedente.

Conforme Ribeiro Junior (2004), as vazões mínimas de referência, também, chamadas de vazões residuais, são adotadas de forma abrangente, sem uma análise mais aprofundada das peculiaridades e necessidades de cada local, levando na maioria das vezes à adoção de valores completamente distorcidos das diversas realidades.

Constata-se que os problemas existentes são inúmeros, assim como as dificuldades para equacioná-los, necessitando que a comunidade científica se debruce sobre o tema, buscando oferecer à sociedade outras formas de abordagem para a alocação da água, associando-as aos riscos hidrológicos que se refletem diretamente na oferta.

De forma a dar maior abrangência, flexibilidade e participação da sociedade ao processo de alocação de água, este trabalho apresenta uma proposta que oferece, a diferentes regiões hidrográficas com certa homogeneidade econômica, a possibilidade de terem a seu dispor dois produtos distintos, quais sejam, água com diferentes garantias (riscos de racionamento distintos), que podem ser trocados entre si, respeitadas as limitações físicas e outras condicionantes que garantam a sustentabilidade ambiental e os demais usos da água, com o intuito de se buscar uma maior satisfação para todos.

No entanto, para que qualquer novo modelo de alocação de água tenha sucesso, é necessário que se busque o desenvolvimento de um processo permanente, que amplie o comprometimento político entre as diferentes regiões da bacia, os setores usuários e a sociedade. Esse comprometimento só será possível se for resultado de um processo permanente de negociação entre as partes envolvidas, de forma que o modelo de gestão adotado possa ser sustentável.

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um instrumento, suscetível de ser adotado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica, ou por outra forma de organismo que represente os diversos interesses da unidade de gestão, que permita às diversas regiões da bacia promoverem trocas da água produzida em seus territórios, incorporando o conceito de risco, como forma de buscar um melhor aproveitamento dos recursos hídricos da bacia.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Avaliar processo de alocação da água disponível, na bacia ou unidade de gestão, executada tradicionalmente pelos órgãos públicos, com parâmetros extremamente rígidos, considerando o novo quadro de gestão que se propõe, com base na negociação entre regiões.

2) Discutir como diferentes regiões de uma bacia, com diretrizes distintas de uso da água, podem caracterizar sua produção de água específica, avaliando seu direito sobre essa riqueza.

3) Discutir como se pode definir um cenário inicial de uso da água em cada região e propor um cenário tendencial, com base em um determinado período de planejamento, para os usos futuros em cada uma das regiões, de forma que seja possível comparar os resultados da aplicação de uma nova proposta de alocação, com aqueles que seriam decorrentes da continuação da aplicação das regras atuais.

4) Desenvolver uma ferramenta metodológica que possibilite a troca desses direitos de água estabelecidos, possibilitando organizar de forma sistemática a negociação que se desenvolverá no âmbito do comitê, entre setores usuários, órgãos públicos e movimentos organizados, das diferentes regiões da bacia.

5) Aplicar a ferramenta desenvolvida em uma situação hipotética, como estratégia da negociação entre as partes, de forma a sustentar a compatibilização entre a oferta e a demanda dos recursos hídricos, permitindo que regiões da bacia, previamente identificadas por suas características socioculturais, possam utilizar-se da água, com critérios e riscos diferenciados, de acordo com seus próprios interesses.

6) Estabelecer mecanismos de operacionalização da ferramenta metodológica, de forma que possa ser aplicada corretamente pelos usuários, fiscalizada pelos órgãos gestores de recursos hídricos e avaliada permanentemente pela sociedade, por meio do comitê de bacia.

7) Implementar a proposta em uma área de estudos, no caso, a bacia do rio Lambari, afluente do rio Pardo, totalmente inserida no estado de Minas Gerais, na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos - GD 6, onde a situação atual de alocação da água existente é extremamente precária, gerando situações de conflitos potenciais ou já instalados, permitindo a comparação da situação existente com as novas possibilidades decorrentes da aplicação da metodologia proposta.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica, objetiva-se discutir alguns trabalhos selecionados, entre muitos que foram publicados nos últimos anos, que buscam sintetizar importantes propostas e experiências que tratam da alocação e da outorga de uso dos recursos hídricos.

Normalmente, o que se tem observado na literatura é que o termo alocação é mais empregado quando se trata de dividir uma determinada quantidade de água disponível, entre países, regiões ou diferentes setores usuários. O termo outorga é empregado, na legislação do Brasil, para caracterizar a transferência do bem, normalmente público, a um determinado usuário, individual ou coletivo.

O trabalho escolhido para abrir este capítulo foi o de Mimi e Sawalhi (2003), principalmente, porque mostra como o conflito pela água tem sido motivo de tantas guerras, ao longo da história da humanidade e, conforme o caso abordado, pode tornar-se um ponto de permanente conflito e de impedimento para o desenvolvimento de um processo de paz entre nações vizinhas com recursos hídricos compartilhados e extremamente limitados.

O trabalho desenvolvido por esses autores descreve a situação do rio Jordão, compartilhado por Israel, Jordânia, Palestina, Síria e Líbano. A falta de um tratado amplo para regular o uso de suas águas tem sido fonte de permanente conflito e um grande empecilho na busca de uma paz duradoura para a região.

Como contribuição para equacionamento da questão, os autores desenvolveram uma proposta para alocação da água ao longo do rio, considerando as bases do direito internacional, conjuntamente com o elenco de nove fatores socioeconômicos e ambientais, relacionados a cada uma das regiões envolvidas. Os fatores foram considerados, cada um deles, com pesos percentuais relativos conforme sua importância no contexto geral.

A partir da qualificação e quantificação relativa de cada um dos fatores decorrentes da opinião de diferentes especialistas, espalhados por diversas partes do mundo, foi possível construir uma função objetivo, com base na ponderação dos pesos de cada um dos nove fatores considerados. Otimizando essa função objetivo, os autores chegaram a uma determinada divisão das águas do rio Jordão entre os países ribeirinhos, isso é, o valor percentual a que cada país teria direito, considerando a ponderação determinada pelos especialistas consultados.

Ao final, salientam que esse método é, apenas, uma proposta inicial para encaminhar a discussão sobre um tema muito sensível, mas crucial, na tentativa de se buscar uma convivência pacífica na região.

Tisdell e Harroson (1992) apresentam um estudo sobre a distribuição ótima de direitos de água. Analisando seis fazendas na região de Queensland – Austrália, os autores, por meio da Teoria dos Jogos Cooperativos, buscam determinar em que proporção os direitos de água devem ser alocados, de forma a propiciar a mais equitativa distribuição de renda derivada do uso dos recursos hídricos utilizados para irrigação.

Consideram, inicialmente, que o vetor de alocação resultante deve obedecer a critérios pré-estabelecidos de racionalidade individual e de grupo, além da eficiência do conjunto como um todo.

Adotam-se duas metodologias da Teoria dos Jogos, utilizadas para a distribuição de bens, ou alocação de custos entre os jogadores, quais sejam: o valor de Shapley e o Nucleolus. Calculam a matriz de Payoff para as diversas possibilidades de coalizão, utilizando-se da programação linear para definir o melhor Payoff de cada coalizão. Posteriormente, os autores aplicam as ferramentas de alocação, referidas anteriormente, concluindo que a coerência dos resultados foi bastante satisfatória, podendo, a técnica, ser aplicada com êxito na alocação de água, principalmente na região considerada.

Saleth *et al.* (1991) discutem regras para um modelo de negociação que represente pequenos mercados de direitos de água, que, em diversas regiões, há muito tempo, são usados para resolver conflitos entre usuários e aumentar a eficiência no uso dos recursos hídricos.

O estudo baseou-se em uma abordagem da Teoria dos Jogos, para definir regras que irão facilitar o funcionamento de um pequeno mercado de direitos de água, considerando os diferentes ambientes de negociação. Algumas características foram observadas pelos autores, tais como o tamanho real do mercado, os sistemas de direitos existentes, o tamanho e a localização das propriedades envolvidas e o nível de informação dos participantes da negociação, que usam a água para promover a irrigação de suas culturas.

O estudo foi realizado na localidade denominada Condado de Kankakee, no estado de Illinois – EUA, com a utilização de dados coletados no período de 15 anos, entre 1971 e 1986, quando os autores estudaram o consumo de água em 34 fazendas da região.

Concluem que o tamanho reduzido talvez seja a característica comum dos mercados de água, principalmente quando as restrições são mais acentuadas. Pequenos mercados são

muito susceptíveis a distorções, trazendo, como consequência, a redução dos ganhos sociais nas trocas de água.

Complementam, após uma série de simulações, que somente a fixação de regras de negociações gerais e específicas, para cada caso, pode reduzir os prejuízos sociais que ocorrerão no processo de negociação, em decorrência do comportamento estratégico dos competidores. No caso do pequeno mercado discutido, a estratégia de um consumidor é um forte elemento no processo de negociação, em virtude da existência de poucos agentes, o que não acontece quando se tem um grande número de competidores.

Souza Filho e Porto (2008) desenvolveram um trabalho que analisa a relação existente entre o preço da água no mercado e a efetividade do sistema de fiscalização do Estado. Diversos trabalhos sobre recursos hídricos concluem que o mercado de água produz eficiência econômica e demanda pouca intervenção do Estado. No trabalho em análise, busca-se demonstrar a efetividade do sistema de fiscalização no combate ao uso clandestino, de forma a garantir o direito do uso da água pelos usuários legalizados.

Antes de entrar no desenvolvimento metodológico da modelagem, os autores descrevem o mercado de águas como a terceira geração das políticas de águas, sendo a primeira delas, o “Comando e Controle”, e a segunda, a “Cobrança pelo uso de água. Consideram maior importância para o sucesso de um mercado de água, o chamado custo de transação que está diretamente associado a seis fatores: identificação de oportunidades, a negociação de transferências, o monitoramento do efeito a terceiros, as transferências físicas da água, a mitigação dos efeitos em terceiros e a resolução de conflitos.

Afirmam que, segundo a teoria econômica clássica, a adoção do mercado de águas, somente é possível quando os custos de transação forem os mais baixos. Ao contrário, é mais conveniente a regulação direta do Estado. Mesmo no caso de um mercado de águas, é de fundamental importância a intervenção e o controle governamental, a fim de criar as condições satisfatórias para um mercado eficiente, com as condições econômicas necessárias.

Na seqüência, os autores analisam o mecanismo de troca via banco de águas, considerando-a como uma instituição estabelecida para vender e comprar água, sob um conjunto de regras para participação e formação de preço, estando sua ocorrência condicionada a quatro características: propriedade, alocação inicial, mecanismo de trocas e regulação de trocas. Existem duas formas de propriedades: a do bem e a do direito de uso do bem. Em ambos os casos, a alocação inicial pode ser realizada pela autoridade competente, de forma gratuita ou onerosa. Para o bom funcionamento do mercado, há

necessidade de manutenção permanente de mecanismos de informação que servem tanto aos compradores como aos vendedores, na fixação do preço.

Afirmam que o governo é e continuará sendo parte essencial no mercado de trocas, estabelecendo e garantindo as regras do jogo. Para analisar a relação entre o mercado e o Estado, os autores desenvolveram um modelo matemático, com base na modelagem do “roubo de água”, no “centro de trocas” e em conceitos da Teoria dos Jogos. Também equacionaram a efetividade da fiscalização e sua influência no preço da água, definindo patamares de preços de mercado em relação à efetividade da fiscalização.

Concluem o trabalho, mostrando a importância da ação do Estado, dando eficiência e garantindo as trocas de mercado e inibindo a ação de usuários não autorizados ou captando água em quantidade acima da autorizada. Demonstram que, quanto mais efetiva for a fiscalização do Estado, mais próximo da realidade serão os preços praticados pelo mercado.

Carraro *et al.* (2005), trabalhando nas aplicações da teoria de negociação nas questões de água, mostram que o interesse no tema negociação tem aumentado significativamente nos últimos anos, em todas as áreas, inclusive na de recursos naturais.

Negociadores têm objetivos opostos, o que gera um grande conflito de interesses, mas se agirem de forma cooperativa, podem conseguir resultados melhores para todas as partes envolvidas.

A princípio, a estratégia desenvolvida entre os competidores é não-cooperativa e o resultado de equilíbrio nem sempre é um Ótimo de Pareto. Na disputa por um bem escasso, normalmente, o jogo não é cooperativo e a cooperação só é alcançada com auxílio de incentivos externos. No caso de disputas de recursos transnacionais, em que não existam tratados reguladores, os competidores têm de colocar regras de desfrute, para que a negociação possa se desenvolver sobre bases cooperativas. São os ditos incentivos. Portanto, mesmo sendo um jogo inicialmente não-cooperativo, determinadas formas de cooperação devem ser buscadas. O comportamento cooperativo pode ser induzido e os desvios devem ser punidos. Se desviar das regras, a punição deve ser maior que o ganho decorrente da infração e o aplicador da punição deve ter credibilidade suficiente entre os contenedores. Caso contrário, o jogo passa para uma situação não-cooperativa.

Partindo da constatação de que as políticas negociadas são mais fáceis de serem aceitas, esse artigo busca identificar as condições a serem colocadas, para que o acordo surja de maneira natural. A alocação transfronteira tem toda a característica de uma

negociação. O processo é complexo, principalmente, quando mais de dois competidores estão envolvidos.

O tema negociação é bastante novo, principalmente, na área de recursos naturais. A maioria dos textos encontrados usa modelos de otimização para determinar a alocação mais eficiente, normalmente, focando a eficiência econômica em detrimento da equidade, buscando uma alocação eficiente ao menor custo.

Os autores concluem, também, que a água é um recurso cujo acesso é altamente politizado. Em virtude disso, os modelos mais comuns de otimização não funcionam adequadamente no processo de alocação. Salientam que a natureza política e estratégica dos recursos hídricos chama as partes envolvidas para a negociação, o que leva a resultados mais sustentáveis no longo prazo.

Garjulli *et al.* (1995) apresentam uma proposta metodológica para organização dos usuários de água do estado do Ceará, destacando, inicialmente, alguns aspectos de fundamental importância para a gestão de águas no Estado, quais sejam: a escassez, a prática histórica de intervenção governamental com obras hídricas desarticuladas, o paternalismo que caracteriza a oferta de água nos perímetros irrigados, a cultura corrente, que considera como particular as águas que nascem ou passam pela propriedade e a dependência crônica em relação ao estado fornecedor, inclusive de água a custo zero.

Embora estejam consolidadas, essas práticas precisam ser alteradas, por meio de um processo participativo que dissemine o conceito segundo o qual a água é um bem econômico e essencial para o desenvolvimento.

A proposta visa a conhecer a realidade de cada região e seu nível de organização social, apoiando a formação de organização de usuários, dotando-os de informações técnicas, para elaborarem uma proposta de gestão dos recursos hídricos, discutirem o Plano Anual de Operação dos Reservatórios e a reordenação da política de ocupação dos açudes públicos. As organizações de usuários atuarão na co-gestão das bacias hidrográficas, sendo as sementes de criação dos futuros comitês de bacia.

No desenvolvimento do processo, alguns pressupostos básicos são fundamentais: o respeito mútuo entre os usuários e entre os usuários e os técnicos do setor, o reconhecimento da água como um bem econômico, o princípio do usuário pagador, tudo isso associado à melhoria da qualidade de vida dos usuários.

Concluem os autores que, para se chegar à organização de um comitê de bacia na região estudada, que possa ser bem sucedido em suas ações, é preciso que se percorra, preliminarmente, dois outros níveis de organização. Em um primeiro nível, é necessário

reconhecer que, em uma região semiárida, como o Estado do Ceará, o açude se coloca como elemento vital à sobrevivência das comunidades. Portanto é lá que deve ser dado início ao processo de organização da sociedade para gestão dos recursos hídricos. Em um segundo nível, deve-se buscar organizar os usuários dos vales perenizados, conjunto de açudes e perímetros irrigados, que envolvam múltiplos usuários e múltiplos conflitos. Finalmente, depois dos trabalhos preliminares, deve-se considerar a bacia hidrográfica, onde será constituído o comitê de bacia.

Concluem ser fundamental a observância desses três níveis de complexidade organizativa, para que se possa implementar o instrumento de gestão preconizado pela Lei 9433/97 e organizar a gestão da bacia hidrográfica como um todo.

Lejano e Davos (1999) desenvolveram um trabalho visando à solução cooperativa para o gerenciamento sustentável dos recursos naturais. Os autores iniciam por descrever a dificuldade de se alocarem os benefícios de direitos de propriedade entre os diferentes agentes, afirmando que, para continuarem cooperando no processo de alocação, dependem de incentivos e do sentimento de que serão justas as soluções encontradas. O grau de comprometimento desses jogadores é proporcional à equidade na distribuição das responsabilidades ou custos associados.

Em muitos casos, o sucesso do processo depende da atitude coerciva do Estado, fixando as regras do jogo. Quando as partes acertam as bases entre si, o resultado é sempre melhor daquele conseguido com a intervenção do Estado. No caso de alocação de recursos naturais, as regras necessitam ser bem negociadas, pois os arranjos serão de longa duração.

Para ilustrar o problema, os autores descrevem a situação de duas cidades que impactam um determinado lago, com uma delas lançando seus efluentes domésticos e a outra lançando sua rede de drenagem pluvial. De início, cada uma das cidades deveria reduzir igualmente a carga poluente sobre o lago, na proporção de sua contribuição. No entanto, os autores concluem que esse não é único parâmetro a se observar, visto que a maior proximidade de um deles em relação ao lago lhe dará maiores benefícios quando da redução da poluição. Então, como alocar os custos da despoluição, buscando o princípio de equidade?

Os autores buscam alocar os custos de quatro diferentes entidades interessadas na água do lago, buscando formas distintas de distribuição desses custos, buscando se utilizar das diversas metodologias que podem ser encontradas nos diversos tratados sobre a Teoria dos Jogos Cooperativos.

Aplicam os métodos denominados Núcleos Normalizados, Valor de Shapley e SCRB para determinar, com cada um desses métodos, o custo correspondente a cada interessado, agindo isoladamente ou em conjunto com os demais.

Os autores identificam, como uma das maiores dificuldades, o fato de que muitas das informações importantes não são mensuráveis, como é o caso das considerações políticas, tão presentes nas questões relativas à água.

Concluem que as medidas cardinais da utilidade são extremamente frágeis. Porém, dando transparência ao processo, pode-se reduzir essa fragilidade, com a utilização de regras justas, embora a monetarização seja suscetível a erros significativos. A cooperação entre os agentes sempre será um fator facilitador para uma alocação adequada.

Campos *et al.* (2002) discutem uma proposta de alocação e realocação de água, com base em um modelo de mercado aplicado ao estado do Ceará.

Do ponto de vista da ciência econômica, não existem recursos ilimitados, o que leva à questão de como alocar os limitados recursos naturais, em particular a água. Os autores iniciam levantando algumas questões sobre o mercado de águas: será a solução ideal em todas as situações? Será que é um mecanismo sempre indesejável? Haveria espaço legal e institucional para se utilizar o mercado na alocação, onde a situação de escassez é crônica?

Inicialmente, caracterizam o mercado de águas como um processo de realocação, podendo ser de forma temporária ou de forma definitiva, quando o titular transfere em parte ou na totalidade, o direito de uso da água. Em ambos os casos, é necessário uma sanção legal. Alertam para os chamados custos de transação: a estrutura física necessária, a busca de interessados na negociação, os custos de validação de posse legal e as perdas físicas por evaporação ou infiltração. Descrevem as experiências de diversos locais, onde se aplicam as transferências de direitos, de forma temporária ou definitiva, inclusive na forma de leilões, como descrito por Simon e Anderson (1990), em Victoria, Austrália.

No estado do Ceará, existe um sistema na região do Cariri, de realocação de água, estabelecido desde o ano de 1855, com regras claras de funcionamento, inclusive a perda de direito de jusante para montante, em caso de redução de disponibilidade hídrica. Embora a legislação atual do país não permita esse tipo de situação, os usuários do sistema se consideram donos legais da água.

A seguir, os autores desenvolvem uma proposta para implementação de um modelo de mercado de água, limitado a uma determinada região. Propõem que o modelo seja constituído de quatro fases: diagnóstico da situação atual, definição dos totais a alocar,

alocação da disponibilidade e definição dos critérios de realocação. Consideram como fundamentais, para aplicação do mercado, que a legislação permita ao titular do uso, o direito de transferi-lo e que o sistema de gestão hídrica faça o controle das transações por meio de outorga. Salientam, no entanto, os riscos de serem criadas situações que possam desequilibrar o mercado, como a concentração de vendedores ou comparadores.

Concluem os autores que a alocação da água, por meio do mercado, não deve ser encarada como uma solução que leve necessariamente a uma maior eficiência no uso e que também não deve ser descartada por meros preconceitos. Há, também, o consenso segundo o qual a aplicação de um mercado de água, sem restrições, é incompatível com a base legal que se tem em vigor no Brasil. Porém, há algumas situações particulares que podem ser objeto de uma análise mais profunda, como é o caso de transferências entre irrigantes, dentro de um distrito de irrigação que recebeu uma outorga total para o conjunto.

A despeito das restituições legais, para implantação de um sistema de mercado, uma condição necessária é uma ampla discussão sobre suas vantagens, desvantagens, limites e garantias, de forma que, em se implantado, esse sistema possa trazer ganhos permanentes para a sociedade como um todo.

Parrachino *et al.* (2006) tratam da aplicação da Teoria de Jogos Cooperativos nas questões ambientais e de recursos hídricos, considerando o pouco uso que se tem feito, até o momento, dessa ferramenta, na área de meio ambiente, sendo que diversos outros setores já se utilizam dela de forma intensa, há bastante tempo.

Nesse trabalho, identificam as principais dificuldades em repartir os benefícios da alocação de bens, utilizando-se dos diversos métodos propostos pela Teoria dos Jogos, como também os problemas inerentes à repartição de custos, que não são problemas de simples otimização. Portanto, não há uma fórmula perfeita para se levantarem os custos e dividi-los entre os agentes envolvidos.

Os autores citam alguns artigos sobre a alocação de recursos hídricos, entre eles, o trabalho pioneiro de Straffin e Heaney (1981), que ofereceram uma contribuição significativa da aplicação da Teoria dos Jogos para a alocação de recursos hídricos, concluindo que nenhum método de alocação pesquisado pode ser considerado como o melhor, uma vez que busca de maneira geral a eficiência da solução, mas se esquecem de sua equidade. Consideram diversos modelos de alocação de custo, nos diversos usos da água. Em vez de materializarem os custos e benefícios, procuram outras formas de divisão, com base nos jogos cooperativos.

Citam, também, o artigo de Saleth *et al.* (1991) que estuda a divisão do recursos hídricos pelo mercado, com foco na barganha, considerando que o mercado de direitos de longo prazo é muito rígido para aumentar a eficiência, o que seria melhorado em um mercado de curto prazo. Segundo os autores, nem o comportamento cooperativo, nem o comportamento competitivo são capazes de descrever o que ocorre em um pequeno mercado de direitos de água, por isso, preconizam o que chamam de Modelo de Barganha Multilateral.

Após analisarem diversos outros artigos sobre a alocação de água, os autores concluem que os conflitos decorrentes das disputas por água estão presentes em todas as regiões e em todos os setores, salientando a importância do desenvolvimento de acordos de alocação entre as partes.

Considerando que vários países ou regiões adotam o princípio da recuperação total dos custos dos projetos de uso das águas, incluindo a construção, a operação e a manutenção dos sistemas, sendo cada vez mais necessária a adoção de métodos estáveis para os arranjos de divisão desses custos, o que pode ser alcançado com as ferramentas oferecidas pela Teoria dos Jogos Cooperativos.

Souza Filho e Porto (2005) apresentam um trabalho sobre as condicionantes legais à alocação de água, sob três perspectivas: de que forma jurídica se aloca água, de quem é a responsabilidade pela falha de abastecimento e qual a possibilidade de alienação da água no Brasil, dentro da legislação atual.

Com inspiração no direito romano-germânico, o Código Civil Brasileiro (Brasil, 2003) divide os bens públicos em bens de uso comum, bens de usos especiais e bens dominiais. Esses últimos constituem patrimônio da União, dos Estados ou dos Municípios. Mesmo sendo utilizados coletivamente ou individualmente, cabe ao poder público a administração e proteção de seus bens.

As formas para uso dos bens públicos por particulares são: autorização de uso, permissão de uso e concessão de uso. Cada uma das três formas apresentadas tem suas características peculiares dependendo do público a quem se pretenda outorgar. No caso da água, entendeu o legislador brasileiro que a natureza jurídica da outorga de uso devesse ser uma autorização, criando, assim, uma autorização condicionada, com prazo pré-estabelecido e outras cláusulas condicionantes. Os autores, fazendo referência a Meirelles (2003), consideram que, sob forma de outorga, haveria o ressarcimento dos prejuízos do interessado, caso haja suspensão da autorização, o que leva, necessariamente, à seguinte questão: a responsabilidade pelo risco de falha na oferta de água é do Estado ou do

usuário? Em dois casos, parece claro que não cabe qualquer tipo de indenização, quando se trata de acontecimento natural, redução da oferta em razão da hidrologia e quando traduz situação em que prevalece o interesse público, como é o caso do abastecimento humano. Porém, segundo Meirelles (2003), quando a situação persiste por vários anos consecutivos, pede-se uma análise mais detalhada quanto à responsabilidade do estado, que não pode simplesmente alegar a ocorrência de eventos recorrentes de força maior.

Seguem, na parte final do artigo, discutindo sobre a possibilidade de alienação de água, dentro do sistema jurídico brasileiro. O Código Civil Brasileiro estabelece, claramente, que os bens públicos de uso comum são inalienáveis. Assim, as águas são inalienáveis. Sua propriedade não pode ser transferida sob qualquer forma e a outorga concedida pelo Estado é apenas uma autorização de uso. Porém, a transferência do direito de uso por particulares, isso é, a transferência da outorga original poderá ser feita, total ou parcialmente, quando aprovada pela autoridade outorgante, sendo objeto de um novo ato administrativo.

Finalizam, discutindo sobre a natureza do pagamento pelo uso de água, fazendo referência ao trabalho de Pompeu (2000), que afirma que o mesmo é um preço público, por se tratar de contraprestação pela utilização de um bem público, sendo parte da receita ordinária, pois sua fonte é a exploração de patrimônio público, embora não caracterize a alienação desse patrimônio.

Li *et al.* (2006) apresentam um trabalho propondo um modelo de alocação de recursos hídricos com base na otimização do benefício social, aplicando a proposta na bacia do rio Amarelo, na China.

Iniciam descrevendo a extrema dependência que têm as regiões norte, noroeste e nordeste da China em relação às águas do rio Amarelo, visto que, toda essa parte do país é bastante seca. O rio é responsável por irrigar cerca de 15% de toda área cultivada do país e por 12% do abastecimento de sua imensa população. Descrevem as condições extremamente precárias em que o rio se encontra, colocando em risco o desenvolvimento econômico que vem ocorrendo nos últimos anos.

Analisando o comportamento dos usuários, faz-se uma analogia com o texto de Hardin (1968), “A tragédia dos comuns”. Segundo o autor, se não há regras definidas, quando o benefício marginal de uso de água é pequeno e a utilidade hoje é maior do que a utilidade de amanhã, então o usuário age racionalmente, usando o máximo de água no presente. Se todos agirem da mesma forma, segundo os preceitos de Hardin (1968), a região estudada pelos autores entraria em colapso.

Antes de proporem qualquer alternativa de equacionamento da alocação de água, os autores consideram que a única forma de evitarem o agravamento da situação é o Estado aprimorar significativamente o gerenciamento dos recursos hídricos da região. Com base na literatura existente, concluem que os modelos matemáticos adotados para o gerenciamento de conflitos na alocação de água podem ser agrupados em quatro categorias, sendo elas:

- Modelos de simulação;
- Modelos de otimização, com base na teoria econômica-clássica;
- Modelos de otimização, com base na teoria eco-econômica, considerando as variáveis ambientais;
- Modelos de alocação com base na teoria dos jogos, com “n” consumidores e múltiplos objetivos.

Em um sistema estável, devem buscar minimizar o valor do gerenciamento e ao mesmo tempo maximizar os benefícios sociais líquidos.

Com esse propósito, adotam o modelo de negociação conhecido como Nash-Harsanyi (Dinar *et al.*, 2008) que propõe a maximização de uma função de benefícios líquidos do usuário, em relação à quantidade de água explorável.

Os autores aplicaram a teoria na bacia do rio Amarelo, dividida em onze regiões, identificadas por sua geografia, recursos sociais e econômicos e limites administrativos. Ao final, apresentam quatro importantes conclusões:

- Os recursos hídricos da bacia do rio Amarelo não são suficientes para manter o atual modelo de crescimento, necessitando de urgentes mudanças no regime de alocação adotado;
- Na situação atual, a retirada regulamentar de água do rio Amarelo, além dos desvios, contribui para aumentar as diferenças regionais na bacia, e encoraja os usuários a agirem apenas na lógica de curto prazo;
- Para o sucesso de uma alocação de água por cotas previamente acordadas, é necessária uma grande presença e força das autoridades competentes;
- A possibilidade de se usarem forças do mercado para regular a negociação de direitos de água poderia levar a uma maior eficiência na alocação.

Finalizam, indicando ser necessário o comprometimento dos formadores de opinião, para se alcançar sucesso na implantação das reformas necessárias no sistema de alocação de água da bacia do rio Amarelo.

Costa e Campos (2003) abordam o processo de alocação de água no estado do Ceará e a participação dos usuários nas tomadas de decisão.

Afirmam em seu texto que a alocação de água de forma centralizada, sem a participação dos usuários, poderá gerar privilégios a alguns setores ou grupos, podendo, com isso, ser indutora de conflitos, visto que, principalmente em países em desenvolvimento, o governo muitas vezes se confunde com o Estado, alterando as regras sempre em benefício dos que o sustentam. Assim, o tema alocação de água é fonte permanente de conflito, salientando as perguntas: quanto alocar, quem vai outorgar e quem vai receber? (Studart, 1997).

Antes de abordar o tema central do artigo, os autores fazem uma importante discussão sobre o real significado dos termos outorga e alocação de recursos hídricos, visto que, em diversas ocasiões, os termos vêm sendo apresentados como sinônimos. No entanto, apresentam ações interligadas e complementares, muito embora de significados distintos. Consideram que se pode alocar determinada quantidade de água sem, no entanto, outorgá-la. Isso é, alocar é promover o planejamento do uso da água e outorgar é transferir o seu uso para determinado agente público ou privado, considerado usuário.

No estado do Ceará, o processo de alocação e posteriormente o de outorga, tem sido realizado de forma negociada, por meio de uma empresa pública, constituída para esse fim, com participação de diversos tipos de organizações interessadas como comissões de usuários, comitês de bacia, sindicatos, associações e prefeituras. Em diversas bacias do estado, os aspectos gerais de gestão são discutidos e aprovados em seminários anuais, com a presença das partes interessadas. As possíveis modificações na alocação pré-estabelecida pelo órgão gestor estadual, no caso a COGERH (Companhia de Recursos Hídricos do Ceará), são feitas em plenário e nos grupos de trabalho organizados com os usuários. Após aprovadas as deliberações que definem a gestão proposta, é definida uma comissão, com a função de acompanhar o cumprimento das premissas aprovadas, principalmente quanto à alocação da água, e auxiliar na resolução de conflitos entre os usuários. Durante a vigência do acordo formalizado nos seminários, são feitas as alocações particulares, que são realizadas pelo próprio órgão gestor estadual, não podendo, no entanto, gerar conflitos com as deliberações gerais. O ato de outorga ao usuário final se dá depois de efetivada a alocação particular. Portanto, não é necessariamente outorgado o que o usuário pretende, mas o que lhe foi destinado no planejamento geral.

Concluem os autores, que, no Estado, a participação dos usuários se dá apenas na deliberação e acompanhamento da alocação global, pois a organização dos comitês de

bacia que permitiria uma ação mais efetiva no nível local, na maior parte do território, é ainda muito incipiente.

Silva e Lanna (1997) desenvolveram um trabalho de alocação de água na bacia do rio Branco, localizado no oeste do estado da Bahia, em que o problema de escassez hídrica vinha agravando-se nos 10 anos anteriores, principalmente pela expansão da agricultura irrigada, sem qualquer tipo de controle. Descrevem que a falta de conhecimento dos processos agro-climáticos e hidrológicos assim como a co-relação entre eles, agravava a situação de conflitos existente.

Com base nessa situação, os autores buscam, nesse trabalho, apresentar uma metodologia que contabilize a disponibilidade hídrica com as necessidades sazonais da agricultura irrigada, por meio de dois modelos, hidrológico e agro-hidrológico, que buscam a otimização, o retorno financeiro e, ao mesmo tempo, garantam o abastecimento público e a vazão ecológica.

O conhecimento da necessidade da cultura em diferentes fases do ciclo vegetativo, e todas as demais informações que influenciam no consumo de água, foram colocadas frente a frente com a disponibilidade hídrica da região. A modelagem matemática desses processos requer o conhecimento dos fenômenos hidrológicos e das relações planta, solo, água e clima. Adotaram o modelo BALHIDRO (Lanna e Almeida, 1991) que se mostrou adequado para a região. Dividiu-se a bacia em áreas de drenagem, com a identificação de pontos de controle em seu exutório. Em cada uma dessas regiões, estabeleceram-se as prioridades de atendimento em caso de estiagem prolongada. A partir daí, simulou-se o sistema com as captações estabelecidas sendo retiradas simultaneamente, variando-se, apenas, as demandas de irrigação, com o propósito de identificar falhas no atendimento de cada uma delas.

A possibilidade de aumento na água outorgada significa aumento na área plantada. No entanto, no momento de ocorrência de falha hidrológica, tem-se, concomitantemente, a ocorrência de perdas de produtividade. Em algumas situações, os ganhos decorrentes do aumento da área plantada pode não compensar as perdas decorrentes da falta de água.

Os autores propõem hierarquizar os pontos de controle de montante para jusante, embora outra ordem de hierárquica pudesse ser adotada. Os efeitos globais são então simulados para cada nível de outorga e a produção alcançada, na região determinada, pode ser economicamente avaliada para cada tipo de cultura, gerando o que se chamou de “fluxos financeiros dos benefícios líquidos de cada cultura”. Variando o nível de outorga ao longo do período, pode-se encontrar o ponto de máximo benefício econômico. No

entanto, salientam os autores que um tratamento econômico mais elaborado traria melhores subsídios para a escolha da quantidade outorgada ideal.

Ringler (2001) discute, em seu texto, a alocação de água na bacia do rio Mekong, seguramente o mais importante do sudeste da Ásia, banhando seis países da região: China, Mianmar, Laos, Tailândia, Camboja e Vietnã. Na estação chuvosa, as águas são suficientes para os diversos usos, porém, durante a estação seca, apenas cerca de 2% do fluxo médio anual chega ao delta, no mar da China.

O aumento de uso agrícola tem levado a uma constante disputa entre os países vizinhos. Não obstante a existência de acordos de uso desde o ano de 1957, uma política de alocação global ainda não foi acertada. Embora o quadro, até à publicação desse trabalho, não fosse de competição extrema entre as partes, a situação tendia a se agravar em um curto espaço de tempo. Mesmo no quadro à época do artigo, a disputa entre os setores usuários era bastante acirrada, agravada pela necessidade de se manter um fluxo mínimo no delta, para evitar a intrusão salina, o que prejudicaria grandes áreas férteis do Vietnã.

A partilha de recursos hídricos compartilhados é sempre uma dificuldade entre países fronteiriços, principalmente entre vizinhos com interesses bastante diversos. A autora salienta que somente uma real cooperação internacional irá permitir uma gestão eficiente para a bacia do rio Mekong. Propõe, assim, um modelo de integração econômico-hidrológico que permitirá aos países vizinhos uma análise completa do regime e uso de água, ao longo de todo sistema fluvial, pelos diversos setores usuários. Propõe, também, a construção de funções de benefício para os diversos setores, em toda bacia. A vazão mínima para a navegação e a vazão necessária no delta, para evitar a intrusão salina, são incluídas na metodologia proposta como restrições. Em seguida, a autora busca maximizar os benefícios líquidos.

Os resultados obtidos na modelagem mostram que uma mudança no padrão de cultivo poderia economizar grande quantidade de água na estação seca, beneficiando outros setores usuários e a bacia hidrográfica do rio Mekong, como um todo.

Outra consideração da autora sugere que, em algumas situações, poderia ser aplicado o conceito de redistribuir, entre os diferentes países, os benefícios obtidos por um deles, pelo uso de uma quantidade maior de água, ao invés de tentar compensar os demais com a possibilidade também de uma maior retirada, o que agrava a situação. No entanto, essa experiência ainda não foi implementada, pois, para o funcionamento de um modelo dessa natureza, seria necessária a colaboração estreita entre os países, na busca dos benefícios globais desejados.

A melhor utilização dos recursos hídricos da bacia, por meio da alocação de água para os usos mais valorizados, exige um bom nível de informação quanto à quantidade de água do rio, e o valor que uma determinada quantidade agrega ao produto beneficiado, de acordo com o interesse de cada país.

Uma das dificuldades de implementação do modelo proposto é o alto custo de transação entre os países vizinhos.

Conclui a autora, afirmando que as dificuldades poderiam ser amenizadas se fosse observado um desenvolvimento econômico mais integrado na região, facilitando uma gestão conjunta dos recursos hídricos, com o estabelecimento de regras consensuais que contribuiriam para o uso equitativo das águas do rio Mekong, como prevê o mais recente acordo entre as partes, de 1995.

Schwartzman *et al.* (1999) realizaram um interessante estudo sobre o critério de alocação adotado pelo estado de Minas Gerais, qual seja, outorgar apenas 30% da $Q_{7;10}$. Esse procedimento, desde a época do trabalho, tem gerado inúmeras críticas, por ser excessivamente conservador e, em algumas regiões, não atender às demandas crescentes.

Nesse trabalho, os autores fazem uma análise da possibilidade de alteração do critério de outorga, com base no risco anual de não-atendimento das demandas, em uma determinada seção do rio Paraopeba, afluente do rio São Francisco, localizado na região central do estado de Minas Gerais.

O estudo considera, sem maiores análises, que a necessidade ecológica corresponde a 70% da $Q_{7;10}$, considerada como prioridade 1, juntamente com o consumo humano, seguindo na ordem pela pecuária, agricultura e indústria, cujos consumos setoriais foram projetados para o ano de 2006.

Após o cálculo da vazão de referência na seção adotada, consideraram que o risco de não-atendimento para cada classe de usuário é a razão entre o número de anos da série histórica, em que exista pelo menos uma falha diária, pelo número total de anos observados. Partiram da premissa segundo a qual para se atender uma determinada prioridade, é necessário o atendimento das prioridades anteriores.

Após o cálculo da vazão de referência, a $Q_{7;10}$, verificou-se que, pelo critério de outorga adotado, já no ano de 1996, havia um déficit entre a possibilidade de outorga e a necessidade dos setores usuários considerado conjuntamente. Esse déficit se tornaria cerca de 3,5 vezes maior no ano de 2006. Uma alternativa de solução do problema seria aumentar a parcela outorgável da $Q_{7;10}$, com conseqüente aumento do risco de não-atendimento.

Na avaliação do risco de não-atendimento das classes de usuários, admitiu-se, como falha, o não-atendimento de um único dia, e, considerou-se que o abastecimento humano não poderia ter falha alguma. Após análise dos resultados dos cálculos dos riscos de não-atendimento, os autores concluíram que o percentual da $Q_{7;10}$ a ser outorgado poderia chegar até 70%, com risco praticamente nulo, de não-atendimento no abastecimento de pelo menos um dia no ano. A partir daí, os riscos seriam crescentes, chegando a aproximadamente 12% no caso de se optar por outorgar toda $Q_{7;10}$.

Para o desenvolvimento desse trabalho, algumas simplificações foram adotadas, sendo as mais significativas: que todos os usos ocorrem simultaneamente, que todos os usuários utilizam-se apenas de águas superficiais e que não existe retorno das águas utilizadas.

Ao final, os autores concluem que não é bastante fixar um critério rígido para a vazão outorgável, devendo-se analisar a disponibilidade hídrica, avaliar as demandas atuais e futuras e adotar uma política coerente de atendimento, com base na análise dos riscos, que deveria ser objeto de negociação no âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica.

Meinzen-Dick e Mendoza (1996) discutem as experiências internacionais da alocação de água, comparando-as com a situação de gestão que ocorre na Índia. Descrevem a situação de balanço hídrico do país, considerando que, mesmo tendo vastas fontes de água, a distribuição da água é muito irregular.

As fontes de exploração, que demandam menor custo de implementação, estão perto de seu limite de oferta, sendo fator limitante para expansão da agricultura irrigada. Na mesma ordem, os recursos hídricos subterrâneos estão sendo comprometidos, em decorrência do intenso crescimento da exploração, com taxas próximas de 10% ao ano. Esses fatos são extremamente importantes, visto que o país necessitava aumentar sua produção agrícola, a fim de atender seu grande contingente populacional.

Com a crescente urbanização do país, aliada com a queda de valor dos produtos agrícolas, grande parte da população rural tem-se deslocado para as cidades. Fontes de água para o abastecimento são cada vez mais demandadas. Ao mesmo tempo, o custo da água tratada é proibitivo para grande parte da população. O recente crescimento industrial é outro fator que tem agravado a questão da demanda por água, principalmente nas regiões mais urbanizadas do país.

Com um sistema de gestão bastante falho, muito aquém das reais necessidades, nos últimos anos tem agravado, com enorme rapidez, a degradação dos recursos existentes e ocorridos frequentes conflitos entre os diversos setores usuários. Sem grandes alterações e

melhorias na infraestrutura hídrica e na gestão, a situação pode estar totalmente comprometida em poucos anos. Um programa de alocação de água, definindo quando, como e onde a água será entregue, é de vital importância para o futuro e a manutenção do crescimento atual.

Como contribuição, para possível aplicação no país, as autoras analisam três mecanismos clássicos da alocação da água, quais sejam: alocação com base em critérios definidos pelo poder público, alocação baseada em pactos entre os usuários e alocação com base no mercado de água. Constatam, ainda que, conforme sua tradição, o país possui um controle burocrático e centralizado na alocação dos seus recursos naturais, inclusive da água. Porém, esse controle estatal vem sendo constantemente desafiado, pelas diversas situações do dia-a-dia.

As autoras analisaram os méritos e deméritos dos três tipos de mecanismos de alocação de água e as condições favoráveis para a adoção de um mecanismo em detrimento de outro, considerando a extensão do território indiano e a enorme diversidade cultural existente.

Méndez (2004) discute os caminhos e descaminhos que a proposta de implantação de um mercado de água no Peru tem enfrentado, desde a década de 1980.

Inicia o artigo demonstrando as dificuldades hídricas que o país vive, em que grande parte da população habita a faixa litorânea, com limitada oferta de água, principalmente frente a um forte crescimento de demanda. Constata que o problema não pode ser enfrentado com a base legal existente, que não incentiva uma gestão eficiente, que promova equidade entre os setores e garanta a sustentabilidade do recurso hídrico.

A Lei das Águas, vigente desde o ano de 1969, adotou a linha de se definir a água como bem do estado, não admitindo qualquer tipo de propriedade, nem direitos adquiridos de qualquer natureza, sobre ela. O único acesso possível, para um determinado usuário, é buscar junto aos diversos órgãos do Estado, certificados de direitos administrativos que obedecem a uma ordem de preferência de acordo com o setor a ser atendido. O abastecimento público é prioritário, porém a agricultura possui preferência sobre os demais setores da economia. Vale salientar que as autorizações não são transferíveis ou comercializáveis.

O modelo implantado pela lei de 1969 tem como base a atuação do Estado na gestão, não prevendo qualquer possibilidade de atuação dos usuários e da sociedade civil. O modelo começou a apresentar problemas no início da década de 1980, principalmente no setor agrícola, com o aumento do número de produtores rurais independentes, em

detrimento da organização cooperativa que vigorava até então. Ao final da década, a situação era crítica e no início dos anos 1990, iniciaram-se as tentativas de se alterar a legislação, buscando a implantação de um novo modelo, com base no mercado de águas. Essa iniciativa sofreu grande oposição de diversos setores da sociedade peruana, principalmente do setor agrícola.

Considera o autor que a operação de um mercado de águas não requer a privatização do recurso, podendo se basear na transferência de direitos recebidos do Estado, por tempo determinado e sob diversas condições. Mesmo sob essa ótica, sua aplicação no país depende da alteração da legislação vigente.

Descreve as dificuldades de implantação de um mercado de água, principalmente pelos altos custos de transação que estariam envolvidos no processo. No entanto, considera que, no setor agrícola, o mecanismo de alocação pelo mercado poderia ser implantado com boa chance de sucesso. Mesmo nesse setor, certamente ocorreriam problemas, tais como a prevalência de culturas de maior eficiência técnica e econômica, o que poderia levar ao abandono de outras culturas, que também são importantes para a população.

Segundo o autor, existe um forte sentimento de que se faz necessário alterar a legislação de gestão das águas para poder enfrentar os problemas atuais e dos próximos anos. Porém, a implantação de um mercado de águas sem uma regulação adequada, enfrentará sérios problemas na sua implementação. Na percepção da população, o mercado de direitos do uso da água está fortemente relacionado com a privatização da água, levando setores, como o agrícola, a se posicionarem contrários ao mercado, temendo prejuízos na situação que hoje detêm.

Conclui, afirmando que é necessário enfrentar essa discussão com urgência, para buscar implementar as reformas necessárias, que darão maior eficiência ao uso dos recursos hídricos, que são escassos em boa parte do país.

Baltar e Cordeiro Netto (2001) apresentam um trabalho de aplicação de um sistema de apoio à decisão, denominado ModSim P32-E, que permite estudar o impacto econômico de longo prazo das diversas decisões adotadas no planejamento do uso da água de uma determinada região. Aplicaram a ferramenta na bacia do rio Descoberto, a montante do lago, responsável por mais de 60% do abastecimento público do Distrito Federal.

O sistema adotado tem origem no modelo ModSim, desenvolvido por Labadie (1988), para alocação de água em sistemas de elevada complexidade. É um modelo denominado de rede de fluxo que une aspectos de simulação com a otimização do sistema.

Anteriormente, Nunes Roberto e Porto (1999) elaboraram uma interface gráfica do modelo original, denominando-a ModSim P32, e os autores daquele trabalho acrescentaram um módulo de avaliação econômica, permitindo uma análise de eficiência na alocação da água. O sistema foi desenvolvido considerando as características de oferta e demanda, o valor econômico associado aos diversos usos, a flexibilidade frente aos diferentes comportamentos econômicos de cada uma das demandas de forma a permitir a comparação de diferentes cenários e a aplicação de testes de sensibilidade.

Quanto aos dados de entrada, além das características do sistema, tais como vazões, demandas, curvas cota-área-volume dos reservatórios e prioridades, é necessário definir as curvas de benefício marginal de cada uma das demandas a serem analisadas. Elas podem ser apresentadas de duas maneiras: formadas por segmentos determinados por uma quantidade de pontos pré-estabelecida, ou por uma função exponencial característica para cada uso de água.

O programa permite dois tipos de análise, a de Livre Intercâmbio e a de Realocação. Na de Livre Intercâmbio, o programa redistribui as vazões de forma a obter o máximo benefício econômico. No caso de Realocação, o programa identifica e permite a reordenação das prioridades em função do benefício médio de cada uma delas. Com novas prioridades, o programa é novamente executado, realocando as vazões e mantendo as restrições hidrológicas e hidráulicas de início.

Para o teste de avaliação do ModSim P32-E, os autores utilizaram-se da bacia do lago Descoberto, mostrando ser uma ferramenta bastante flexível, permitindo a análise econômica de diferentes cenários. No entanto, consideram que poderá ser melhorada com a introdução de algumas rotinas, principalmente na área correspondente do uso de água para irrigação.

Dinar *et al.* (1997) apresentam um outro trabalho extremamente significativo para o setor, onde descrevem os princípios de alocação de recursos escassos, salientando a necessidade de que sempre deve ser considerada, simultaneamente, a eficiência e a equidade.

Segundo os autores, são quatro os mecanismos de alocação de água, com vantagens e desvantagens inerentes a cada um deles, que podem ser avaliados e comparados, tendo por base os princípios de eficiência e equidade, por se tratar da distribuição de um recurso normalmente escasso:

- Precificação baseada no custo marginal: Caracteriza-se pela precificação da água outorgada a cada usuário, com um valor definido pelo custo marginal do

suprimento da última unidade demandada, ou seja, o dispêndio necessário para abastecer o usuário com uma unidade a mais de água. O mecanismo é adotado com maior eficiência nos sistemas em que o suprimento é feito por meio de sistemas construídos para atender às diversas demandas da sociedade. Nessa situação, a valoração do bem se torna mais factível. Em sistemas naturais, o mecanismo é bem mais complexo, pela dificuldade de se estabelecer, com razoável precisão, o custo marginal da unidade de água demandada, que pode variar com inúmeros fatores. A principal vantagem da adoção do mecanismo vem da possibilidade de se conseguir um elevado nível de eficiência econômica, reduzindo a exploração excessiva do recurso. Há poucos exemplos bem sucedidos da aplicação estrita do mecanismo. Um desses exemplos é a “*Société Du Canal de Provence et d’aménagement de La Région Provençale*”, no sul da França, que provê o abastecimento de 60.000 ha de terras irrigáveis, em funcionamento desde a década de 1970;

- Mercado de água: Caracteriza-se pela aplicação das leis de mercado, com a presença do estado extremamente reduzida. Desenvolve-se com base em transações dos direitos da água, que podem ser de curto prazo ou de propriedade definitiva, onde a perpetuidade do direito está consagrada na legislação. Mais aplicado em áreas com problemas de escassez e forte presença de usuários com certo poder econômico, a exemplo das áreas irrigadas do Chile e do Oeste Americano, normalmente levam a uma alocação bastante eficiente do ponto de vista econômico, embora, em algumas ocasiões, seja necessária a intervenção do estado, com a finalidade de garantir condições justas de mercado e de coibir a atuação de consumidores ilegais.
- Alocação por uma instituição pública: Caracteriza-se pela gestão feita pelo Estado, por meio de agentes públicos, legalmente constituídos, para autorizar o uso do bem, aos diversos tipos de atividades. Essa forma de alocação permite que se busque uma distribuição equitativa da água, entre as diversas regiões da bacia e entre os setores usuários. O mecanismo tem a desvantagem de não induzir o uso racional da água ou mesmo de permitir a existência de outorgas com valores excedentes, não utilizados, como forma de se garantir uma possível expansão, o que leva a uma teórica exaustão dos valores outorgáveis, prejudicando todo desenvolvimento da bacia. No Brasil, como toda a água é de domínio público, cabe ao poder público, federal ou estadual, outorgar o seu uso para agentes públicos ou privados. No entanto, conforme preconiza a Lei 9433/97, as diretrizes de outorga e os valores de

referência podem ser definidos pelos respectivos comitês de bacia, nas suas esferas de competência, com a aprovação dos respectivos conselhos de recursos hídricos:

- Alocação baseada nos usuários: Caracteriza-se pela ação conjunta das instituições responsáveis pela alocação da água, sendo elas, órgãos da administração pública e organizações de usuários, legalmente constituídas, com poder de estabelecerem os critérios e limites para o uso da água, por setor e por usuário. O fator crítico nesse mecanismo é a dificuldade de se ajustarem os direitos de uso e de propriedade da água, principalmente onde recurso hídrico não é um bem exclusivamente público. Uma outra desvantagem é a possibilidade de que algum setor usuário, pela sua força política ou grau de organização, venha a prevalecer sobre os demais, possibilitando a criação de reservas de água. Em alguns casos, essa possibilidade fica minimizada, em virtude de que todas as diretrizes de outorga devem ser discutidas e aprovadas no âmbito do comitê de bacia, onde deverão estar representados todos os setores usuários, conforme o modelo preconizado pela Lei 9433/97, no Brasil. Exemplos bem sucedidos de alocação com base em acordos dos usuários podem ser encontrados em lugares como a ilha de Bali, o sul da Índia e em Portugal. Em todos eles, os usuários pactuam a quantidade e o momento de utilização da água disponível.

Concluem os autores, que na prática, a maioria dos países adota uma combinação dos mecanismos de alocação, segundo suas conveniências regionais, nem sempre com base na eficiência econômica.

Setti *et al.* (2001), baseados e Lanna *et al.* (1997), adotam uma outra classificação, porém com significado bastante semelhante à preconizada por Dinar *et al.* (1997), sugerindo a existência de três mecanismos gerais de alocação de água: o modelo econômico financeiro, o modelo burocrático e o modelo sistêmico de integração participativa.

Lanna *et al.* (1997) propõem uma discussão sobre os critérios de outorga dos direitos de uso de água, apresentando duas classes de critérios como os que têm sido mais usados para a determinação da vazão outorgável.

O primeiro deles é o da vazão de referência, em que se considera uma situação hidrológica crítica e apenas uma parcela da vazão disponível é destinada à outorga, sendo que o restante deve continuar no corpo d'água. Caso a vazão de referência adotada seja a $Q_{7;10}$, média dos sete dias mais secos em 10 anos, na grande maioria do tempo ter-se-á mais água no rio que a referência considerada. Em virtude dessa situação de excessiva

precaução, em diversas situações, os órgãos responsáveis pela outorga são submetidos a uma grande pressão por parte dos usuários, no sentido de flexibilizar a regra adotada.

Outro critério de outorga tem por base o atendimento aos usuários, dentro de uma escala de prioridades, conhecida como “critério da vazão excedente aos usos prioritários”. Os montantes reservados a cada tipo de demanda, com diferentes prioridades, podem ser estabelecidos com bases técnicas ou econômicas.

Especial atenção é dada ao critério baseado na garantia de suprimento, em que se estabelecem montantes de vazão que podem ser supridos com níveis diferentes de garantia.

Os autores simularam os dois critérios apresentados, na bacia do rio dos Sinos, no estado do Rio Grande do Sul, sendo que, no caso do critério da vazão excedente, adotam o método do suprimento por níveis de garantia e a fixação de prioridades, pelo impacto econômico relacionado.

Após as diversas simulações, os autores concluem que o critério de alocação pela vazão excedente apresenta inúmeras vantagens sobre o critério de alocação pela vazão de referência. Entre as vantagens relacionadas, vale salientar que o critério de garantia de suprimento pode ser associado a um sistema de cobrança pelo uso da água, sendo que uma maior garantia de fornecimento estaria relacionada a maiores valores unitários de cobrança.

Pagliettini e Gil (2008) discutem em seu artigo o valor da água no processo produtivo, usando como campo de análise a bacia do rio Miriñay, na província de Corrientes, Argentina.

Uma das maiores dificuldades em se promover a alocação de água com base no valor agregado à produção, decorrente da oferta de uma determinada quantidade de água, é justamente quantificar esse valor. As autoras buscaram uma forma de quantificar o valor da água utilizada na atividade agropecuária, criação de bovinos e ovinos e cultura irrigada de arroz, considerando sua importância no tempo e no espaço. A escala de exploração associada à produtividade marginal é importante para definir os direitos de uso, porém, deve ser associada com a disponibilidade e a relação benefício/custo, que se consegue gerar com a produção.

Com a utilização do censo agropecuário de 2002, foi possível construir uma matriz com os dados de 107 propriedades rurais, reunindo-as em quatro conglomerados, com identidades produtivas pré-determinadas. Por meio de uma metodologia de cálculo de valoração conhecida como disposição a pagar, foi possível determinar os diversos valores da água, para cada conglomerado.

Concluem as autoras que, na região estudada, com o crescimento da cultura de arroz e as limitações dos marcos legais, deve-se buscar uma abordagem econômica de alocação, de forma a garantir maior eficiência. A possibilidade de cobrar pelo uso da água implica em conhecer sua contribuição ao excedente gerado no processo produtivo. Para tanto, as autoras trabalharam em dois cenários, um de curto prazo e um de longo prazo, verificando as peculiaridades de cada um deles, concluindo que, apenas no conglomerado em que se encontram as propriedades mais produtivas, tanto no cultivo do arroz, como na criação de gado, é que se encontraram resultados positivos, para ambos os cenários. Nesse caso, o Estado poderia cobrar pela água oferecida, e o resultado financeiro poderia ser revertido na implantação dos organismos de gestão, nos estudos hidrológicos e agroclimáticos e na melhoria da infraestrutura hídrica, principalmente em reservatório de regularização.

Finalizam por afirmar que as políticas públicas não devem ter como objetivo apenas aumentar a produtividade do setor agrícola, considerando o aumento da quantidade de produtos por unidade de água gasta no processo produtivo. Também devem considerar a necessidade de que novos produtores sejam incluídos no processo, podendo contar com a devida quantidade de água, de tal forma que se permita uma distribuição mais equitativa desse bem.

Machado (2003) apresentou um trabalho onde descreve a pesquisa que realizou sobre o sistema de gestão de recursos hídricos da França, tendo por base a constatação que o mesmo sofreu grandes mudanças nas últimas quatro décadas, principalmente nas atribuições do Estado e do papel daqueles que fazem uso dos recursos hídricos. A importância dessas mudanças foi marcante, e o modelo adotado a partir da segunda metade do século XX serviu de exemplo para a política de gestão das águas de diversos países, inclusive o Brasil.

Segundo o autor, desde o código civil de Napoleão de 1804 até à Lei da Água de 1992, a legislação do setor se transformou em um verdadeiro labirinto, resultante de uma acumulação de textos de difícil aplicação. Em virtude da organização administrativa do território e do direito existente sobre a água, colocar em prática a nova lei tem sido uma tarefa extremamente complexa, embora com inegável sucesso.

Desde 1964, os problemas referentes a recursos hídricos passaram a ser tratados no contexto da bacia hidrográfica, sendo o território francês dividido em seis grandes bacias. Posteriormente, para cada bacia, criou-se um comitê e uma agência financeira. Cada comitê

tem abrangência territorial sobre diversos departamentos e um grande número de comunas, 90% delas com menos de dois mil habitantes.

As agências de bacias são responsáveis pelo recolhimento, junto aos usuários, das taxas de poluição e captação de água, usando esses recursos para financiar as intervenções determinadas por dois documentos de planejamento: o Plano Diretor de Aproveitamento e de Gestão das Águas e o Plano de Aproveitamento e de Gestão das Águas. O primeiro é elaborado pelo comitê de bacia e, o segundo, concebido como um subconjunto do primeiro, é elaborado pelas novas instâncias descentralizadas, definidas pela lei da água, chamadas comissões locais de água. Os perímetros de atuação dessas comissões são definidos pelo comitê, por meio do Plano Diretor, e elas devem zelar para que os objetivos definidos pelo mesmo sejam alcançados.

O conjunto dos departamentos forma a região, onde o comitê de bacia tem sua sede. Os chefes de departamentos e de região têm, em nome do Estado, de dirigir a política de águas. Vale lembrar que, desde a Revolução Francesa, há mais de dois séculos, isso é uma responsabilidade do Estado.

As comunas têm o papel de gerir o abastecimento de água e o sistema de esgotos, já que os departamentos e as regiões não atuam diretamente na operação, embora participem do planejamento e do financiamento do sistema.

Os comitês, juntamente com as agências, são indissociáveis e compartilham de um grande poder de decisão, particularmente em matéria financeira, com alto grau de independência em relação ao Estado. A este cabe regulamentar as relações entre os atores que atuam no sistema, assegurando a fiscalização e definindo as condições de captação de água bruta e o lançamento da água servida no meio ambiente, enfim, zelando pelo cumprimento da legislação de recursos hídricos.

Moreira e Kelman (2002) fundamentam a alocação dos recursos hídricos com base no custo de oportunidades dos usuários, definindo prioridades de atendimento, com cobrança e compensação financeira como forma de proporcionar a justiça social.

Os autores citam Kelman (2001), que também apresentou um trabalho sobre o tema, analisando de uma forma simplificada a questão, em apenas um trecho do rio, sem reservatório de regularização. Considerou que, em casos de escassez, qualquer que seja o critério de racionamento adotado, será necessária a instalação de uma infraestrutura de controle, resultando no chamado custo de transação, que deve ser rateado com os usuários, de forma proporcional ao volume captado.

Para enfrentar a situação de escassez, propõe a definição de uma priorização de acesso, com base no custo de oportunidade, que é o benefício líquido que determinado usuário obtém pela utilização de uma unidade volumétrica de água, num intervalo determinado de tempo. O mecanismo proposto é um típico mecanismo econômico de alocação, onde o aspecto eficiência é priorizado.

Para corrigir as inevitáveis injustiças distributivas que recairão sobre os usuários com menor custo de oportunidade, o autor propõe a implantação de um sistema de cobrança, proporcional ao volume atendido, cujo montante arrecadado serviria para manter a infraestrutura necessária e também para compensar financeiramente os usuários que não forem plenamente atendidos e, principalmente, aqueles que foram totalmente racionados.

Em um interessante critério de rateio, Kelman (2001) busca a definição de um mesmo percentual sobre os potenciais benefícios de cada usuário. Assim, todos os usuários teriam um mesmo resultado final, embora abaixo de suas expectativas. Porém, a justiça distributiva se manteria.

Os autores também citam Moreira (2001), que ampliou o conceito de alocação apresentado por Kelman (2001), propondo uma metodologia para a alocação, em um sistema hídrico mais complexo, com o curso d'água principal recebendo vários tributários.

Propõe a introdução de uma esquematização gráfica, onde os arcos representam trechos de rios e os nós representam pontos notáveis, como as confluências de rios. Em caso de não atendimento das necessidades de um ou mais usuários, propõe um sistema de racionamento também baseado em prioridades.

Trabalha com uma alocação preliminar, onde ficam evidenciados os usuários que têm água suficiente para atender suas necessidades, sem precisar de volumes incrementáveis de montante. Em caso dessa necessidade, uma nova alocação se fará, observando as prioridades definidas pelos custos de oportunidade. Propõe uma metodologia de cobrança com base em cada nó, isto é, o preço unitário deve ser definido em cada nó e deve ser igual para todos os usuários que ali estão concentrados.

Propõe, ainda que, em condições de racionamento, o atendimento de um determinado usuário, implica no racionamento de um ou mais usuários situados a jusante. Entre os usuários racionados, deve-se identificar aquele que tem o maior benefício unitário, sendo considerado o “usuário limite”. Considera-se que o preço a ser pago pelo usuário beneficiado deva ser igual ao benefício do usuário limite. Esse critério depende da identificação do usuário que está sendo racionado parcialmente em favor do atendido possibilitando definir preços diferentes para cada nó, ao invés de um preço único.

Nesse trabalho, os autores avançaram no tema, desenvolvendo um algoritmo para realizar a alocação preliminar, a alocação definitiva e a definição dos valores de cobrança em cada nó. Finalizam pela distribuição dos valores arrecadados, considerando um mesmo percentual, aplicado sobre o benefício total esperado para cada usuário.

Ao final, concluem que, para aplicação de forma plena da proposta apresentada, é necessário que haja uma cooperação entre os usuários no sentido de que aqueles que possuem menor custo de oportunidade abram mão de parte ou da totalidade de sua produção em favor daqueles que possam agregar maior valor à água, sendo, no entanto, recompensados por isso.

Neste capítulo, procurou-se apresentar diversas propostas, ou experiências, de modelos de alocação e outorga de água, em diferentes regiões do mundo.

Salienta-se que, na pesquisa bibliográfica realizada, não se localizou outra experiência que tratasse da negociação entre regiões, usando a água com diferentes garantias como mercadorias a serem trocadas, de forma que, pudesse ser explorado com o intuito de se comparar com a proposta deste trabalho.

4 - REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 - A EVOLUÇÃO DA GESTÃO E ALOCAÇÃO DA ÁGUA

A preocupação com a gestão dos recursos hídricos, manifestada pelas diferentes formas de disciplinar o uso e de promover uma adequada alocação da água, acompanha a trajetória do homem desde a antiguidade, com maior ou menor presença da mão do estado, conforme o balanço disponibilidade x demanda hídrica se mostrava mais ou menos favorável.

Conforme Campos *et al.* (2001), na China antiga, era estabelecido pela lei o período de uso, as formas de armazenamento e as taxas cobradas dos usuários da água, principalmente para irrigação das lavouras. No Império Romano, a presença do Estado é marcante, desde o fim do século III a.C., com o início da construção dos grandes aquedutos e, gradativamente, com a formulação de modelos de organização e a construção de estruturas para administrar e operar o complexo sistema em que se transformou o abastecimento d'água das cidades, principalmente Roma.

Mesmo na Idade Média, período em que os hábitos de higiene eram bastante diferentes dos atuais, a gestão do Estado, representado pelo senhor feudal, fazia-se presente na tutela das coisas públicas, entre elas o uso das águas (Granziera, 2001).

Na Europa, logo após o início da revolução industrial, em final do século XVIII (Campos *et al.*, 2001), os problemas relativos ao abastecimento de água ganharam vulto. A concentração de populações nas cidades trouxe enormes problemas, notadamente relativos à qualidade das águas. Por total falta de um sistema adequado de esgotamento sanitário, as águas próximas aos centros consumidores tornaram-se rapidamente imprestáveis para o consumo. Mesmo com a intervenção do Estado, o problema se torna extremamente grave, exigindo grande esforço para buscar água cada vez mais longe.

No Brasil, durante muitos anos, a cultura do desperdício foi alimentada pelo argumento de que o país era extremamente abundante em água. No princípio de nossa colonização, a abundância de água era motivo de espanto e admiração por parte dos estrangeiros que por aqui aportaram. Com essa característica, não houve maior preocupação da Coroa Portuguesa em promover qualquer tipo de regulamentação, o que não ocorria em Portugal, onde o uso da água, muitas vezes escassa, já era regulado, pelas Ordenações do Reino (Granziera, 2001).

O uso da água, sem qualquer regulação, perdurou entre nós por quase duzentos anos. Já ao final do século XVIII, a presença do Estado, pelo Rei de Portugal, fazia-se sentir. Embora todos os rios pertencessem à Coroa, uma resolução editada no ano de 1775 declarava o domínio de um particular sobre as águas que nascessem em sua propriedade, respeitados alguns limites para as servidões de jusante. Em 1804, por meio de um Alvará Real, autorizava-se a particulares a livre derivação das águas dos rios e ribeiros, por canais ou levadas, em benefício da agricultura e da indústria (Granziera, 2001). A aplicação desse último dispositivo levou o estado à necessidade de intervir, pelos prejuízos muitas vezes causados à navegação (Machado *et al.*, 2004).

No Brasil, a Constituição do Império (1824) mantinha as águas de domínio da Coroa. Quanto às águas particulares, permitia a gestão do Estado sobre essas, mediante desapropriação, quando o bem público exigisse o seu uso e emprego. Já a Constituição Republicana (1891) estabeleceu o direito da União e dos Estados em legislar sobre navegação interior, porém, somente o Congresso Nacional poderia legislar sobre navegação nos rios que banhassem mais de um estado ou que se estendessem a territórios estrangeiros (Granziera, 2001).

É, em 1934, que o estado brasileiro ganha um instrumento jurídico, bastante avançado para a época, que permitia grandes progressos na regulação do uso da água. O “Código de Águas” introduzia alguns princípios, como o do poluidor-pagador, que somente foi introduzido na Europa na década de 1970, a concorrência pública para concessão de direito de uso da água destinada a serviço público e as diversas dominialidades (Machado *et al.*, 2004). Quando de sua promulgação, cabia ao Ministério da Agricultura, por meio do Serviço de Águas, a ação de estado na gestão das águas, o que era plenamente condizente com a época, pois refletia a prioridade do uso dos recursos hídricos no país, cuja vocação se afirmava como eminentemente agrícola.

Nos anos seguintes, a regulamentação do Código de Águas somente se fez nos aspectos relacionados à geração de energia elétrica. A geração hidrelétrica tomava corpo no Brasil, levando os legisladores à elaboração de uma base legal para fazer frente ao novo desafio, usar a energia elétrica para iluminar as cidades e alavancar o incipiente processo de industrialização. O potencial disponível era imenso, e não parecia, naquele momento, que outros usos da água fossem tão importantes.

Em 1939, foi criado o Conselho Nacional de Energia, que passou a ser a mão do estado na gestão da água e da energia (Christofidis, 2001).

O processo de industrialização se acelerava, com a migração intensa atraída pelo crescimento industrial. De um país rural passa-se a um país urbano, demandando cada vez mais água, e concentrando seu uso em determinadas regiões. A redemocratização e a Constituição de 1946 apontaram para uma descentralização, com os estados e municípios ganhando competência para legislar sobre água, porém em caráter supletivo e complementar (Barth, 2002). A concessão para geração de energia hidrelétrica foi mantida na responsabilidade da União e, em 1957, foi criado o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (Christofidis, 2001).

Na segunda metade da década de 1960, ocorreu um forte processo de centralização, que culminou com as Constituições de 1967 e 1969, voltando a ser privativo da União legislar sobre as águas (Granziera, 2001).

Os anos 1970 foram fortemente marcados pela discussão da problemática ambiental, fazendo com que, em 1981, o Congresso Nacional aprovasse a Lei 6938, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Esse fato representou um enorme passo e veio dotar o país de um instrumento legal bastante avançado. Os estados passaram a legislar sobre água, porém apenas no aspecto de qualidade.

A partir daí, fortemente influenciada pelo movimento ambientalista mundial, parte da sociedade brasileira começou a se preocupar com seus recursos hídricos, alertada para o fato de que, se nada fosse feito, em pouco tempo, esse recurso estaria totalmente comprometido, trazendo enormes consequências para o país e para o desenvolvimento das futuras gerações. O conceito tradicional de bem inesgotável começa a cair e a vulnerabilidade da água começa a ser sentida. Todo esse cenário influenciou a classe política fazendo com que a Constituição de 1988 incorporasse avanços significativos, caracterizando a água como um bem público e estabelecendo apenas duas dominialidades, ser um bem da União ou dos Estados, nesse caso, quando a água se encontrar em um curso totalmente inserido no território estadual (Machado *et al.*, 2004).

Embora a água seja parte da questão ambiental, devido às suas características de uso, ficava cada vez mais claro que a legislação existente não era capaz de incorporar os novos desafios que se faziam presentes. Os problemas de contaminação descontrolada, uso abusivo e conflitos entre regiões e entre usuários somente poderiam ser convenientemente tratados num novo modelo de gestão, pois o que existia estava totalmente ultrapassado. Operado exclusivamente pelo estado, não envolvia a sociedade, que assim não se sentia comprometida com o seu sucesso. Enquanto isso, novas experiências internacionais

demonstravam que não era mais possível gerir os recursos hídricos sem a participação dos usuários e da sociedade organizada.

No início dos anos 1990, o assunto ganha a mesa da discussão política e se inicia um grande movimento, envolvendo diversos segmentos, no sentido de dotar o país de uma nova legislação, mais moderna, inspirada em alguns modelos já implantados pelo mundo, onde a gestão descentralizada e participativa fosse o ponto de partida e a base das decisões.

Após uma longa fase de discussão, a Lei 9433/97, baseada em princípios inovadores, definiu a nova Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento das Águas.

Em julho de 2000, é editada a Lei 9984, dispondo sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA. Essa agência nasce com a missão de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e gerenciar as águas de domínio federal, cabendo aos órgãos gestores estaduais esse mesmo papel, no âmbito de suas jurisdições.

Dentro do modelo definido pela Lei 9433/97, de gestão descentralizada e participativa, tem o Comitê da Bacia Hidrográfica papel preponderante. Também conhecido como o “Parlamento das Águas”, ali estão reunidos o poder público, os usuários e sociedade a civil organizada, discutindo e deliberando sobre o uso das águas da bacia, visando a seu máximo aproveitamento em prol da sociedade local, sem, no entanto, perder de vista os interesses do estado e do país, o que pode ser observado, se consideradas as diretrizes emanadas dos planos de recursos hídricos, nos quais as unidades de gestão estejam inseridas.

Para que essa missão de tamanha responsabilidade seja exitosa, é necessário que todos os entes envolvidos no processo de gestão das águas, não apenas compreendam, mas acreditem na importância do Comitê de Bacia Hidrográfica, ou algum outro tipo de organismo de bacia assemelhado, da melhor maneira para subsidiar suas decisões.

Por tratar da gestão de um bem público, o recurso hídrico, é necessário considerar a existência de três instrumentos fundamentais para a sua devida implementação:

- A política, que é definida pela Lei 9433/97 e pelas respectivas leis estaduais;
- O planejamento, que deve ser feito, observando os planos estratégicos existentes na bacia, por meio dos planos diretores de recursos hídricos, elaborados para atender a cenários estabelecidos e negociados no âmbito dos comitês de bacia;
- A regulação, que deve ser suficientemente dinâmica para acompanhar a evolução do ambiente físico, biótico e socioeconômico, cabendo sua elaboração aos comitês de bacia e aos órgãos gestores, no âmbito de suas esferas de competências.

4.2 - A POLÍTICA DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA NO BRASIL

Em decorrência do caráter exclusivamente público dos nossos recursos hídricos, constituindo patrimônio dos Estados ou da União, cabe a eles promoverem a transferência do direito de seu uso, para a sociedade, o que se faz por meio de um ato administrativo, outorga de direito de uso de recursos hídricos, mediante o qual o órgão concedente autoriza o uso da água, por um determinado prazo, e sob condições pré-estabelecidas.

A outorga de direito de uso da água é um mecanismo que subsidia o poder público no controle da quantidade e qualidade da água utilizada pelos usuários. Ela objetiva disciplinar e racionalizar o uso do recurso água, a fim de atenuar, ou até mesmo eliminar, os possíveis conflitos de uso.

Conforme o art. 12 da Lei 9433/97, estão sujeitos à outorga a captação de água, o lançamento de efluentes e outros usos que alterem o regime, a qualidade ou a quantidade do corpo hídrico. O mesmo artigo, em seu parágrafo primeiro, estabelece que, abaixo de uma determinada quantidade, o uso pode ser considerado insignificante, estando dispensado da outorga. Os Planos de Bacia ou, em caráter provisório, os órgãos gestores da União ou dos estados, definirão esses valores que, embora não outorgáveis, devam ser considerados no balanço hídrico.

Segundo Pereira (1996), para adoção desse sistema de outorga, recomenda-se que o estado ou órgão gestor da bacia:

- Realize o levantamento das disponibilidades e dos usos da água na bacia;
- Com base nas informações anteriores, desenvolva um sistema de controle de disponibilidades e usos de água, que permita estimar as vazões hídricas naturais nos rios pertencentes à bacia e as alterações induzidas pelo uso antrópico;
- Com base nesse sistema e a sistemática de outorga adotada, regularize os usos antigos da água por meio da emissão de outorgas, e outorgue, quando for adequado, novos usos;
- Controle os usos de água nos rios pertencentes à bacia, por meio de um sistema permanente de monitoramento e fiscalização.

Uma enorme dificuldade prática é a necessidade de fiscalização do cumprimento das outorgas e, principalmente, das ordens de restrição às captações de água por parte de

demandas não prioritárias, na medida em que demanda de maior prioridade não seja suprida.

Silva e Monteiro (2004) destacam o procedimento de alocação de água para fins de outorga mais adotado no Brasil, a partir da década de 1990, que se baseia na definição de vazões mínimas de referência e no estabelecimento de limites de utilização dessas vazões por usos da água, objeto de autorizações pelo poder público. As vazões mínimas de referência caracterizam as disponibilidades hídricas dos corpos de água e são geralmente definidas por vazões com alta permanência no tempo (como a Q_{90}) ou por vazões mínimas associadas a probabilidades de ocorrência (como a $Q_{7,10}$). Dessa forma, a vazão mínima de referência é aquela que está disponível mesmo nos períodos de estiagem, com pequena probabilidade de falha.

Esse conceito elimina a necessidade de simulação do comportamento dos corpos de água e da sua variação ao longo do tempo, pois se refere à situação mais severa. Por outro lado, não possibilita a alocação de água nos períodos de hidrologia favorável. Os limites de utilização são comumente chamados de critérios de outorga, por indicarem as quantidades máximas de água cujo uso pode ser autorizado pelo poder público por meio de outorgas de direito de uso de recursos hídricos. Ao mesmo tempo, os critérios de outorga indicam o nível máximo de comprometimento dos corpos de água e a vazões remanescentes mínimas que devem ser mantidas nos corpos de água. Alguns órgãos adotam diferenciações do critério de outorga para o caso da existência de reservatórios ao longo da bacia, tendo em vista a regularização de vazões que podem proporcionar nos cursos d'água.

Diferentes modelos de alocação de água podem ser adotados para se definirem quantidades outorgáveis. No Brasil, conforme enfatizado por Silva e Monteiro (2004), o modelo mais adotado pelos órgãos gestores de recursos hídricos tem por base a definição de uma determinada vazão de referência mínima, levantada pela série histórica de vazões e que já caracteriza uma situação de escassez no corpo d'água.

Acrescentando ao fato de que a vazão de referência normalmente adotada seja extremamente reduzida, apenas um percentual dessa vazão é destinado para alocação entre os diversos usos.

Busca o órgão gestor, com a adoção de vazões de alta permanência na série histórica, um baixo risco de ocorrência e, por consequência, uma maior garantia de atendimento aos usos outorgados.

As vazões de referência mais utilizadas para a realização dos cálculos de alocação de água e concessão da outorga do direito de uso dos recursos hídricos correspondem a

situações diversas no corpo hídrico, embora a probabilidade de ocorrência seja baixa, em qualquer uma delas.

Pode-se dividir as vazões mínimas de referência em dois grupos distintos:

- As que estão associadas à curva de permanência, um método hidrológico muito usado para a determinação de vazões mínimas, e que representa a frequência com que ocorrem valores iguais ou superiores uma vazão a que se deseja referenciar, sob uma determinada condição de risco, podendo ser construída, conforme apresentado em Tucci (2007). Associadas a essa metodologia de cálculo, adotam-se as seguintes vazões de referência:

- Q_{90} - Corresponde a uma vazão com permanência de 90% do tempo, com risco de 10% de ocorrerem vazões menores ao longo do tempo;
- Q_{95} - Corresponde a uma vazão com permanência de 95% do tempo, com risco de 5% de ocorrerem vazões menores ao longo do tempo.

Ambas são calculadas com base no histórico de vazões, com os dados diários ou a média mensal.

- As que estão associadas diretamente a uma probabilidade de ocorrência, calculada através de curvas de distribuição de probabilidades teóricas, como a Normal, Gamma, Gumbel e Weibull. Da distribuição de Gumbel, chega-se à vazão de referência $Q_{7;10}$, por meio da média das vazões mínimas diárias, calculadas em uma janela de sete dias consecutivos, por todo período do histórico de vazões, conforme apresentado em Tucci (2001).

Na Tabela 4.1, será apresentada a sistemática apresentada pela União e por cada um dos estados federados. Com base em suas respectivas legislações, esses outorgam as águas de seus domínios de formas diferenciadas, por meio do processo usualmente chamado de política de alocação, caracterizado pela adoção de diferentes percentuais da vazão de referência adotada, percentual outorgável “k”.

De maneira geral, isso vem ocorrendo sem que se considerem, adequadamente e de forma integrada e dinâmica, os usos múltiplos da água, o retorno das águas destinadas aos usos consuntivos e os avanços das ciências ambientais na avaliação das necessidades de conservação dos ecossistemas envolvidos. Desse modo, os valores adotados têm sido extremamente conservadores e, em muitos casos, insuficientes para atender às diversidades, necessidades territoriais e a dinâmica natural da sociedade.

Tabela 4.1 - Critérios de outorga adotados pela União e alguns Estados.

Unidade Gestora Ato Legal	Critério para Definição da Vazão de Referência	Limite Outorgável por Usuário
União Resoluções ANA	70% da Q_{95} , podendo variar, em função das peculiaridades de cada região.	20% da vazão de referência
Alagoas Decreto nº 6 de 21 de janeiro de 2001	A soma dos volumes de água outorgados em uma determinada bacia não poderá exceder a nove décimos da vazão regularizada anual, com 90% de garantia.	Sem limite definido
Bahia Decreto nº 6.296 de 21 de março de 1997	O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial; das vazões regularizadas com 90% de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes ou 95% de Q_{90} dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais intermitentes e para o abastecimento humano	20% da vazão de referência
Ceará Decreto nº 23.067 11 de fevereiro de 1994	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial e nos casos de abastecimento humano, até 95%.	Sem limite definido
Distrito Federal Decreto nº 21.007 de 18 de fevereiro de 2000	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial e nos casos de abastecimento humano, pode – se atingir 95%.	Sem limite definido
Minas Gerais Portaria nº 10 do IGAM de 30 de dezembro de 1998	O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a uma percentagem fixa em 30% da $Q_{7;10}$. Quando o curso de água for regularizado o limite de outorga poderá ser superior a 30% da $Q_{7;10}$ aproveitando o potencial de regularização, desde que seja garantido um fluxo residual mínimo a jusante, equivalente a 50% (cinquenta por cento) da vazão média de longo termo.	Sem limite definido
Paraíba Decreto nº 19.260, de 31 de outubro de 1997	A soma dos volumes de água outorgados numa determinada bacia não poderá exceder 9/10 (nove décimos) da vazão regularizada anual com 90% (noventa por cento) de garantia.	Sem limite definido
Paraná Decreto nº 4.646, de 31 de agosto de 2001	O volume permissível de captação de água direta deve ser menor do que 50% do $Q_{7;10}$,	Sem limite definido
Rio de Janeiro Portaria Serla nº 273 de 11 de dezembro de 2000	O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a uma percentagem fixa em 80% do $Q_{7;10}$ do curso de água junto à seção de interesse, para captação com fins de abastecimento humano; e 50% do $Q_{7;10}$ do curso de água junto à seção de interesse para os demais casos de uso consuntivo.	Sem limite definido
Rio Grande do Norte Decreto nº 13.283 de 22 de março de 1997	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados não poderá exceder 9/10 da vazão regularizada anual com 90% de garantia.	Sem limite definido
Rio Grande do Sul Decreto nº 6.296 de 21 de março de 1997	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial e; 95% das vazões regularizadas com 90% de garantia, dos lagos naturais ou barragens implantados em mananciais intermitentes.	Sem limite definido
São Paulo Lei nº 9.034 de 27 de dezembro de 1997	As vazões de referência são a $Q_{7;10}$ e as vazões regularizadas por reservatórios, descontadas as perdas por infiltração, evaporação, reversões de bacias e outras, decorrentes da utilização da água. O somatório das vazões captadas não deve ultrapassar 50% da vazão de referência	20% da vazão de referência

Tabela 4.1 (Cont.) - Critérios de outorga adotados pela União e alguns Estados.

Unidade Gestora Ato Legal	Critério para Definição da Vazão de Referência	Limite Outorgável por Usuário
Sergipe Decreto nº 18.456 de 3 de dezembro de 1999	A vazão de referência pode variar entre Q_{90} e Q_{95} , sendo que o limite outorgável pode chegar a 100% da Q_{90} .	30% de Q_{90}
Tocantins Decreto nº 2.432 de 6 de junho de 2005	Nas captações a fio d'água deverá ser adotado como vazão outorgável 75% da Q_{90} . No caso de captação em reservatórios de regularização, poderá ser considerado como vazão outorgável 90% da Q_{90} .	25% da vazão de referência, quando se tratar de captação a fio d'água.

Fonte: Ribeiro Junior (2005) e Lopes e Freitas (2007)

No Brasil, normalmente, cada Estado, com base em legislação específica, define um redutor “k”, que, juntamente com a vazão de referência, caracteriza a política de alocação de água adotada.

Embora existam diversas políticas de alocação da água, de maneira geral, todas elas são extremamente rígidas, quanto à possibilidade de que o usuário possa assumir riscos maiores do que aquele que foi definido quando da fixação da vazão outorgável e do percentual de alocação (k).

Segundo Lopes e Freitas (2007), podem ainda ser citados como entraves à otimização do uso da água:

- A pouca participação dos usuários no processo, exceto em alguns estados onde os comitês de bacia começam a participar da discussão;
- A desarticulação da política de alocação de águas com as políticas setoriais, dificultando os processos naturais de evolução dos interesses socioeconômicos da bacia, com o engessamento do processo, principalmente após se atingirem os valores máximos pré-estabelecidos para as vazões outorgáveis;
- A não-consideração, nos balanços de disponibilidade hídrica adotados pelos órgãos gestores, dos efeitos do uso não-simultâneo e não-contínuo das vazões outorgadas, superestimando o real efeito das outorgas sobre o corpo d'água;
- A adoção desarticulada de diferentes critérios de outorga, em uma mesma bacia hidrográfica, a desconsideração das características regionais quanto à oferta e à demanda hídricas, além da fixação, sem qualquer base científica, como sugere Benetti *et al.* (2003), da vazão mínima de manutenção do ecossistema natural, também conhecida como vazão ecológica.

A adoção de diversos critérios de outorga, de forma articulada, não é uma tarefa simples, porém torna-se necessária para atender a uma melhor justiça distributiva da água.

Quando se analisa o procedimento, comum no Brasil, de adotar uma única vazão de referência e um único “k”, para toda bacia, fica evidenciado que o procedimento, embora de simples aplicação, pode ser considerado injusto com as partes mais altas da bacia, onde, normalmente, ocorrem vazões específicas mais significativas.

Considerando que a vazão natural no curso d'água cresce de maneira significativa quando se desloca da nascente para foz, e em sendo a vazão outorgável um percentual constante da vazão de referência, ter-se-á mais água disponível para os diferentes usos, à medida que se desloca para jusante. Essa distorção na disponibilidade de água pode gerar diferenças no desenvolvimento ao longo da bacia, e promover conflitos regionais, visto que, para as áreas de montante, onde normalmente ocorrem as maiores vazões específicas e a ocupação do solo tende a ser mais restrita, muito pouco se tem feito, no sentido de compensá-las como produtoras de água.

Algumas experiências de alocação negociada de água, embora de maneira tímida, estão ocorrendo em algumas bacias brasileiras. Como exemplo, pode-se citar a busca de integração, entre os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, por parte do Comitê da Bacia do Rio Paraíba do Sul, e a alocação negociada de água nos açudes do Ceará.

Outros avanços vêm sendo buscado pelos comitês e pela Agência Nacional de Águas (ANA), nas bacias dos rios São Francisco, Verde Grande e Piranhas - Açú. Porém, quanto à utilização das vazões excedentes além dos limites outorgáveis tradicionais, vazões essas que, normalmente, ocorrem durante grande parte do ano, muito pouco tem sido feito.

4.3 - PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO PARA RECURSOS HÍDRICOS

Planejar é procurar o melhor caminho para se atingirem determinados objetivos pré-estabelecidos, partindo, segundo Campos *et al.* (2001), de um cenário tendencial para um cenário desejável, com o menor custo possível.

O planejamento é um processo que auxilia os gestores dos recursos hídricos a nortearem suas ações no sentido de atingir objetivos futuros, avaliarem o andamento do processo e promoverem alterações necessárias, caso os objetivos devam ser alterados, em virtude de mudanças nas perspectivas de futuro.

Os planos de recursos hídricos são instrumentos de gestão definidos pela Lei 9433/97, para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 2004). Devem ser elaborados, conforme conteúdo mínimo estabelecido pela lei, para o país, por estado e por bacia hidrográfica, abordando de maneira integrada as questões de longo prazo, como é o caso da definição das prioridades de uso da água, das diretrizes de outorga e da evolução da demanda.

É parte importante do plano de recursos hídricos a avaliação da disponibilidade de água no presente, o conhecimento da área e suas perspectivas de crescimento, assim como as demandas futuras, considerando a formulação de um cenário prospectivo desejável.

A técnica de construção de cenários para formular imagens alternativas de futuro é bastante recente no mundo. Em particular, no Brasil, teve início na década de 1980, como parte da estratégia das grandes empresas estatais, que necessitavam avaliar o possível desempenho de seus projetos de longo prazo, com a finalidade de promover possíveis correções de rumo ao longo do processo.

Das técnicas desenvolvidas para lidar com as diversas possibilidades de futuro, a análise prospectiva por meio da elaboração de cenários se mostra muito promissora, permitindo orientar as ações presentes, tendo em vista os diversos futuros possíveis, reduzindo as incertezas. Segundo Porto *et al.* (2005), a prática de antecipar futuros, para orientar decisões no presente, ajuda a desenhar e construir o futuro desejado. Porém, não se trata de uma tentativa de prever o que irá acontecer. Ao se elaborar uma análise prospectiva para elaboração de cenários possíveis, não se pretende eliminar as incertezas, pretende-se organizá-las, de forma que, caso se confirmem, possam ser administráveis.

A construção de cenários se mostra bastante rica na descrição de situações de futuro, principalmente, pelo fato de que trabalha com mais de uma alternativa, evitando que se caia em um determinismo que, inevitavelmente, estará sujeito a erros. Não se trata meramente de um trabalho especulativo, de praticidade duvidosa, como de início se pode imaginar. Ao contrário, a técnica baseia-se em prospecção e estratégia, tendo por base que o futuro é incerto, construído por meio de diversas alternativas de ações que os atores têm diante de si a cada momento.

Conforme se discute em Porto *et al.* (2005), a realidade é muito mais variada que o melhor conjunto de cenários. Porém, na grande maioria dos casos a realidade evolui, se almeja cenários traçados, combinando aspectos de um e de outro. Não importa conhecer antecipadamente o cenário futuro, o mais importante é saber antecipadamente como agir, se tal cenário se concretizar.

Cenários prospectivos são chamados aqueles que apresentam uma visão de longo prazo, que buscam abordar as tendências internas e externas ao sistema em análise, considerando os riscos e as incertezas decorrentes do processo de desenvolvimento socioeconômico. Em um processo de planejamento, permitem aos tomadores de decisão o permanente redirecionamento das ações, na busca de melhor atender os anseios futuros da sociedade.

Encontram-se na literatura diversas metodologias para a construção de cenários, porém, boa parte descritas adota uma mesma linha de desenvolvimento, como a recomendada por Godet (2000), que compreende:

- Buscar a perfeita compreensão do sistema sobre o qual se pretende construir os cenários, definindo as variáveis internas e externas que influenciam no seu desempenho;
- Buscar a identificação dos fatores e das tendências que irão condicionar o futuro do sistema;
- Identificar e selecionar as principais incertezas, com avaliação da relevância com que cada uma delas participa do processo;
- Definir as hipóteses mais prováveis e as consequentes alternativas de futuro;
- Verificar a consistência entre as hipóteses assumidas e as alternativas propostas;
- Promover a avaliação pela sociedade envolvida no processo.

A construção de um cenário prospectivo desejável, decorrente de um planejamento estratégico, será a base para a avaliação da expectativa de demanda por água, inicialmente, para as diversas regiões da bacia.

Visto que o objetivo principal deste trabalho não se prende à construção de cenários, sendo que o processo a ser desenvolvido não é estanque e permite as reavaliações necessárias, não serão usadas técnicas mais aprofundadas para a elaboração do cenário prospectivo desejável, apenas simples extrapolações de tendências verificadas no histórico de uso da água da bacia.

4.4 - NEGOCIAÇÃO

A maneira civilizada de tratar interesses conflitantes entre as pessoas, as organizações e, mesmo entre os países, dá-se por meio da negociação, na qual as partes envolvidas devem buscar um determinado pacto de interesses, por intermédio do diálogo.

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas para facilitar o entendimento e a busca de um acordo sustentável entre duas ou mais partes. Entre essas técnicas pode-se citar as chamadas Metodologias de Resolução de Conflitos.

Segundo Watkins (2004), podem-se caracterizar dois tipos de negociação:

- Distributiva - quando as partes envolvidas disputam certa quantia fixa e o objetivo de cada negociador é ficar com a maior parcela possível, assim, o ganho de um representa a perda de outro ou de todo o conjunto. Esse tipo de negociação é conhecido como de “soma zero”;
- Integrativa - quando as partes envolvidas, ao mesmo tempo em que competem na divisão do objeto de disputa, colaboram entre si para obter o máximo valor a dividir, sendo esse um processo simultâneo de criação e reivindicação.

A negociação integrativa, também conhecida como colaborativa, é um processo de negociação em que as partes abrem mão de determinados objetivos em troca de outros, que lhes pareçam mais importantes, no sentido de facilitarem o entendimento. Para se atingir a situação de uma negociação integrativa, é necessário que os interessados não se furtem de compartilhar o maior número possível de informações, o que não ocorre quando o processo é meramente distributivo, em que o domínio exclusivo da informação pode ser decisivo na realização do objetivo individual.

São inúmeros os pontos que podem ser considerados em uma negociação integrativa, o que, sem dúvida, gera uma gama de oportunidades para que se faça uso da criatividade dos negociadores, permitindo que se apresentem outras alternativas, além das concessões que cada parte se propõe a fazer. Isso só é possível quando todas as partes conhecem bem seus interesses e, também, os interesses dos demais competidores.

O caso estudado pode perfeitamente ser considerado como de uma negociação integrativa. Respeitando os limites previamente estabelecidos, é possível elevar a vazão alocável, assumindo riscos progressivos de não-atendimento.

Em cada resultado parcial alcançado no processo de negociação, as partes se sentirão mais satisfeitas, até uma determinada situação em que a melhoria da satisfação de um implicará em insatisfação para o outro, o que implica que foi ultrapassada a chamada Fronteira de Pareto. Esse conceito de satisfação, em linguagem econômica, é chamado de utilidade.

4.5 - TEORIA DOS JOGOS

A Teoria dos Jogos está se tornando importante instrumento na gestão dos recursos hídricos, notadamente pela característica intrínseca dos problemas dessa área, que demandam em sua solução mais que uma mera otimização econômica. Segundo Fiani (2006), talvez o primeiro a tratar de elementos importantes do que é hoje conhecido como teoria dos jogos tenha sido o francês Antoine Augustin Cournot (1801-1877) em seu trabalho denominado “*Recherches sur les Principes Mathématiques de La Théorie des Richesses*”. A contribuição de Von Neumann e Morgenstern (1944), “*The Theory of Games and Economic Behavior*”, é considerado um marco na teoria dos jogos. Entretanto, seu conceito mais difundido surgiu de um artigo de Nash (1951), “*Non-cooperative games*”, devido aos seus trabalhos na área de jogos.

Depois disso, muito se fez, embora a teoria dos jogos tenha alcançado a importância que hoje detém apenas em períodos mais recentes, especialmente a partir da década de 1980.

Atualmente, o arcabouço de jogos ganha valor crescente, à medida que aumentam suas possibilidades de aplicação. É amplamente utilizado em economia, organização industrial, teoria de leilões. Envereda-se, também, por áreas como a sociologia, ciência política, entre diversas outras.

Modernamente, pode-se definir um jogo como uma representação formal de uma situação em que um número de indivíduos interage em um cenário de interdependência. O bem-estar de cada um depende não apenas das próprias ações, mas também das ações dos demais envolvidos. Assim, a ação ótima, em geral, dependerá da expectativa sobre o que os demais jogadores irão fazer (Mas – Collet *et al.*, 1995).

Situações como essas são, claramente, distintas daquelas estudadas, tanto na teoria do consumidor quanto na de mercados concorrenciais, onde essas interdependências normalmente não se apresentam. Nesses casos, os indivíduos e as firmas, ao definirem suas escolhas ótimas, não se preocupam com o que os outros agentes poderão fazer, o preço é assim o balizador de tomada de decisão.

Por outro lado, se existe a interdependência, caracteriza-se então uma situação onde há externalidades nas ações dos agentes, e, por isso, cada um, ao fazer suas escolhas, preocupa-se com a maneira com que os outros poderão agir.

Os jogos podem ser analisados do ponto de vista da cooperação entre agentes, da sequência das jogadas, das informações disponíveis para cada agente ou das estratégias (Azevedo, 2004).

Do ponto de vista da cooperação, os jogos podem ser cooperativos ou não-cooperativos. No jogo cooperativo, os agentes podem se comunicar, fazendo acordos sobre as suas decisões. O jogo cooperativo pode-se dar com ou sem conflito. No jogo não-cooperativo, não há comunicação ou acordo entre os agentes, podendo ocorrer com ou sem um conflito entre as partes.

Do ponto de vista da sequência de jogadas, os jogos podem ser simultâneos (estratégicos ou estáticos) ou com movimentos sequenciais (extensivos ou dinâmicos).

Do ponto de vista do tipo de informação disponível aos agentes, os jogos podem ser classificados quanto ao fato da informação ser perfeita ou imperfeita, completa ou incompleta, certa ou com incerteza e simétrica ou assimétrica.

Nos jogos de informação perfeita, cada conjunto de informação é único. Nesse tipo, cada agente sabe exatamente onde ele se encontra na árvore representativa ou na sequência de um jogo.

No jogo de informação completa, o ambiente não se move no início, ou, caso ele se mova, o movimento é observado por todos os agentes. Além disso, todos têm acesso às informações dos estágios anteriores.

Nos jogos de informação certa, o ambiente não se move após o movimento dos agentes e assim os benefícios têm valores certos, sem envolver probabilidades.

Em um jogo de incerteza, os movimentos do ambiente podem, ou não, ser revelados aos agentes e os benefícios das jogadas possuem valores probabilísticos que dependem de como o ambiente vai se comportar. Em um jogo de incerteza, os agentes avaliam as probabilidades das suas utilidades e tentam maximizar os valores esperados.

Um jogo de incerteza pode ser transformado em um jogo de certeza sem mudar o equilíbrio, somente eliminando os possíveis movimentos do ambiente e mudando os possíveis benefícios para seus valores esperados. Mas isso não pode ser feito se as ações de cada agente dependerem dos movimentos do ambiente, ou se a informação sobre esses movimentos for assimétrica.

No jogo de informação simétrica, nenhum agente tem informação diferente do outro. Isso é, não pode haver vantagem de informação.

Do ponto de vista das estratégias, os jogos podem conter estratégias puras, mistas, correlatas e contínuas:

- Uma estratégia pura mapeia o conjunto de informações certas e possíveis de um agente, que pode conduzi-lo a cada ação bem definida, sem envolver probabilidades;
- Uma estratégia mista mapeia o conjunto de informações incertas e possíveis de um agente, relacionada à distribuição de probabilidade de tomar as diversas ações;
- Uma estratégia correlata (correlacionada) ocorre quando os agentes escolhem o mesmo dispositivo randômico para determinar as probabilidades das ações de suas estratégias mistas;
- Uma estratégia contínua ocorre nos jogos em que os espaços das variáveis envolvidas na estratégia são contínuos. Por exemplo, uma estratégia de preço pode variar, teoricamente, de zero a infinito.

Para o desenvolvimento do jogo, no trabalho proposto, dois conceitos são bastante aplicados: o Ótimo de Pareto e o Equilíbrio de Nash. O Ótimo de Pareto, segundo Fiani (2006), foi desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto e vem sendo largamente utilizado na teoria econômica como forma de identificar possibilidades de melhoria de eficiência de um determinado setor, até atingir um determinado ponto ótimo, considerando que, nesse processo, os demais competidores não são prejudicados. Quando a situação de um competidor melhora sem que a situação dos demais piore, considera-se que houve uma melhoria “Paretiana”. Nessas condições, quando um competidor atingiu a melhor situação, diz-se que atingiu o Ótimo de Pareto.

Já o conceito do Equilíbrio de Nash preconiza que cada um dos jogadores adote a melhor resposta, frente às estratégias dos demais. No caso de apenas dois jogadores, um deles busca a melhor resposta frente à estratégia adotada pelo seu concorrente. No entanto, o ponto atingido não representa, necessariamente, a melhor solução possível para o conjunto dos competidores.

No trabalho, a disputa entre os concorrentes partirá de um determinado ponto, de Equilíbrio de Nash, de onde cada um dos competidores só aceitará movimentar de sua posição inicial, se motivado por uma possível mudança do outro, desse que possa obter algum ganho ou no mínimo permanecer com sua situação inalterada.

A partir do ponto inicial, os competidores buscam o ponto de maior ganho para o conjunto, seguindo a lógica Paretiana, até se atingir o Ótimo de Pareto. Caso exista alguma restrição a ser atendida, o processo pode ser interrompido antes que se alcance a melhor solução, existindo aí um segundo ótimo.

4.6 - CONCEITOS ECONÔMICOS

No desenvolvimento deste trabalho, o conhecimento de alguns conceitos de economia é de fundamental importância para a aplicação da metodologia proposta. Nesse item, faz-se uma breve caracterização desses conceitos, de forma a que sua utilização no processo possa ser devidamente compreendida. As reflexões apresentadas são, em grande parte, baseadas no livro “*Économie des Ressources Naturelles et de l’Environnement*” (Faucheux e Noël, 1995), e visam a introduzir e fundamentar os modelos econômicos que serão desenvolvidos.

O interesse das ciências econômicas sobre os recursos naturais e o ambiente cresceu a partir da década de 1970, embora toda teoria recentemente desenvolvida faça uso dos desenvolvimentos clássicos da área. A partir dessa época, fundamentalmente, quatro correntes surgiram, no desenvolvimento conceitual do tema:

- Os “extremistas” (ou preservacionistas), que sustentam a preservação integral da biosfera, não reconhecendo direito algum sobre os recursos naturais;
- Os “eficientes”, que tratam essa área de forma idêntica à análise econômica clássica, sob uma ótica de custo\benefício. Essa linha de pensamento se conduz unicamente pelo utilitarismo e direito de propriedade, relegando ao mercado a busca do equilíbrio e da eficiência, incluindo o uso dos recursos ambientais e naturais;
- Os “conservacionistas”, que vêem o ambiente e a exiguidade de recursos naturais como fatores restritivos ao crescimento econômico, acreditando no crescimento zero como único ponto de equilíbrio. Acreditam que, assim, estão beneficiando as gerações futuras;
- Os “desenvolvimentistas sustentáveis”, que acreditam que as restrições ambientais e de recursos naturais são importantes fatores restritivos ao crescimento, mas não impeditivos. Buscam adequar o modelo de crescimento, de maneira a se ter longa duração.

Os extremistas não se adequam aos conceitos fundamentais da teoria neoclássica da economia, enquanto os eficientes esquecem-se do princípio fundamental de aumento de entropia do universo (irreversibilidade), julgando que um sistema de trocas pode permanecer inalterado. Os conservacionistas, por outro lado, desprezam a capacidade humana de adaptação e se prendem ao princípio de limitação da oferta ambiental e da

degradação inerente a toda atividade humana. Já os desenvolvimentistas sustentáveis sabem das limitações terrestres, mas acreditam que o sistema vigente de trocas pode ser adaptado a uma nova realidade, que incorpore essas restrições, em uma economia denominada economia ecológica.

Ao se tratar de água, recurso relativamente renovável, notadamente em um país em desenvolvimento como o Brasil, a quarta linha de pensamento é a que melhor se adéqua, pois não preconiza o crescimento zero, foca a sustentabilidade de longo prazo, não desconsiderando os princípios fundamentais da economia neoclássica.

Nesse contexto, é importante uma diferenciação entre dois segmentos da economia:

- O primeiro (macroeconomia) trata do comportamento da economia em seu conjunto, agregativamente considerado, sendo a unidade de referência o todo, não suas partes individualizadas consideradas. O segmento está voltado para o desempenho totalizado da economia, para as causas e os mecanismos corretivos das grandes flutuações conjunturais e para os altos e baixos da economia como um todo;
- O segundo segmento, denominado (microeconomia) é que trata das unidades individualizáveis, como consumidor e a empresa, consideradas isoladamente ou em agrupamentos homogêneos. Está voltada também para a estrutura e os mecanismos de funcionamento dos mercados e para as conformações básicas da oferta e da demanda.

Segundo Rosseti (2006), existem quatro questões-chave na economia:

- Eficiência produtiva;
- Eficácia alocativa;
- Justiça distributiva;
- Ordenamento institucional.

A primeira questão é tratada, do ponto de vista microeconômico, pela teoria da produção, enquanto a segunda é pela teoria do consumidor. Existem fortes iterações entre elas, o que leva, teoricamente, a um equilíbrio geral do mercado (ou da economia).

A terceira questão-chave é fundamental, notadamente ao se tratar de recursos de dominialidade difusa. Esse é o caso da água, que, em nome da eficiência produtiva e eficácia alocativa, não pode faltar a qualquer indivíduo em uma coletividade. Esse é o princípio da equidade.

Resta a quarta questão-chave, que se refere à forma de organização da sociedade. Essa questão tem sido foco de importantes trabalhos atuais, destacando-se o Prêmio Nobel de economia em 2009, de autoria de Elinor Ostrom e Oliver E. Williamson. No âmbito da área de recursos hídricos, talvez seja o ponto de maior importância, posto que, em não havendo uma organização adequada, predomina a ordem de chegada ou a proximidade da fonte, independentemente da eficiência, eficácia e equidade.

A evolução do institucionalismo dá-se à medida que os interesses locais e individuais sejam ponderados, mas não se abstendo o papel do Estado, que, dentre outros, é um importante instrumento para garantir a equidade e a sustentabilidade.

O modelo proposto neste trabalho guarda o papel do Estado, à medida que cabe a ele definir o quinhão da água produzida, que pode ser utilizada em certa região. Assim, garante as condições ambientais adequadas, bem como a equidade entre regiões.

Tradicionalmente, a teoria da produção é utilizada no trato dos insumos naturais, enquanto a teoria do consumidor é empregada no uso dos bens ambientais (Faucheux e Noël, 1995). Aqui, a teoria da utilidade é empregada na busca do máximo bem-estar, trocando-se direitos sobre a água, limitados previamente pelo poder público. Assim, busca-se resolver três das quatro questões da economia. A eficiência produtiva não é focada aqui, posto não ter se tratado de incentivos à produção de água nas regiões, e, muito menos, o uso da água como insumo em atividades de produção. O caminho escolhido se baseou na estabilidade das decisões, necessárias ao longo prazo, tornando-a robusta a variações de preços de mercado.

4.6.1 - Riqueza

A riqueza (R) é a capacidade própria de se produzir algum bem. Para produzir é necessária a existência dos recursos de produção ou também chamados fatores de produção que são constituídos pelas dádivas da natureza, pela população economicamente mobilizável, pelas diferentes categorias de capital e pelas capacidades tecnológicas e empresariais. São fatores de produção:

- Terra (fator representado neste trabalho pelo binômio terra-água);
- Trabalho;
- Capital;
- Tecnologia;

- Empreendedorismo (capacidade de empreender).

É a partir do emprego desses cinco fatores de produção, de suas disponibilidades, de suas qualificações ou capacitações, das formas de mobilização e de iteração entre eles, que resultam os padrões de atendimento das ilimitáveis necessidades individuais e sociais. Em outras palavras, riqueza é a capacidade de produzir bens e serviços, que podem ser consumidos ou trocados com terceiros, gerando renda.

Do ponto de vista macroeconômico, a produção é igual à renda e ao dispêndio. Conceitualmente, pode-se dizer que tem a riqueza aquele que dispõe dos meios de produção e tem renda que suporta seus dispêndios.

Para o consumidor, riqueza é a posse de bens para consumo. Ao se analisar uma empresa, o consumo de um bem é também fator de produção na sua atividade, mas, do ponto de vista do consumidor, ela é apenas mais um agente com distintas preferências.

Como já se disse, renda e riqueza são tratadas de forma indistinta neste texto. A riqueza, estrito senso, é a terra (meio de produção), que produz água, ao longo do tempo, que pode gerar renda continuamente. Logo, a produção de água está ligada à renda (variável de fluxo).

4.6.2 - Valor adicionado

A teoria econômica supõe que os produtores são agentes racionais que tomam as suas decisões de forma a maximizar o seu bem-estar. O objetivo do produtor é a utilização dos seus recursos para produzir os bens que lhe permitam obter o maior lucro possível.

O conceito de valor econômico é bastante antigo, sendo que os primeiros registros conhecidos remontam à época de Aristóteles, que foi um dos primeiros a discutir sobre o significado do valor de uma mercadoria.

Bem mais tarde, economistas clássicos do final do século XVIII, como Adam Smith, desenvolveram o tema no âmbito da ótica do capitalismo, então em ascensão.

Durante a revolução industrial na Inglaterra, Karl Marx dentro de sua ótica socialista, buscou relacionar o valor de uma mercadoria com tempo de trabalho necessário para sua produção. Essa tese foi posteriormente contestada pelos economistas chamados de utilitaristas que formularam a teoria do valor da utilidade e, por consequência, definiram a utilidade marginal como sendo a utilidade adicional decorrente da incorporação de um próximo bem ou serviço, o que define o seu valor econômico.

O valor econômico adicionado (VA), também chamado de valor agregado, é um conceito que permite medir e comparar o valor que foi adicionado ao bem ou serviço por um determinado agente econômico.

Em uma economia moderna, principalmente aquela que possui forte base tecnológica e industrial, lança-se mão de uma enorme variedade de produtos e serviços que, adequadamente, trabalhados resultam nos mais variados bens, que se tornam parte importante, muitas vezes fundamentais, para o cotidiano das pessoas.

A adoção do valor adicionado permite avaliar o valor que foi incorporado ao bem ou serviço em cada uma das fases de sua transformação, com o cuidado de se evitar que o valor de uma determinada operação seja incorporado por mais de uma vez, de forma que venha a ser falseada a realidade final.

Conforme Rosseti (2006), sob condições normais, há uma diferença positiva entre os valores de entrada e saída, em uma determinada fase do processamento de um bem ou serviço.

No caso abordado neste trabalho, ou seja, a busca da melhor alocação de água entre regiões de uma mesma bacia hidrográfica, sob a ótica da teoria do produtor, busca-se o máximo valor a ser adicionado à economia de uma determinada região, com base no acréscimo de uma determinada quantidade ofertada de água.

O critério adotado relaciona, em cada unidade de gestão hídrica, a vazão consumida ao valor agregado por ela. Busca-se a maximização do valor adicionado total gerado na bacia hidrográfica, em função da vazão consumida do valor adicionado em cada unidade de gestão hídrica. Sendo possível somarem-se distintos valores adicionados, pois a unidade é a mesma, sendo grandeza monetarizável.

A Figura 4.1 ajuda a compreender o conceito de valor adicionado, diferenciando-o de produção. A produção é um fluxo de suprimentos-processamento-saídas. O valor adicionado é a diferença entre o valor das saídas e dos suprimentos. Ele corresponde aos custos internos de processamento em que as empresas incorrem, remunerando os fatores de produção por ela mobilizados.

O valor adicionado e o produto, sob a ótica macroeconômica, são expressões equivalentes. O produto nacional resulta da soma dos valores adicionados (ou dos produtos) de todas as empresas que compõem o aparelho de produção da economia nacional.

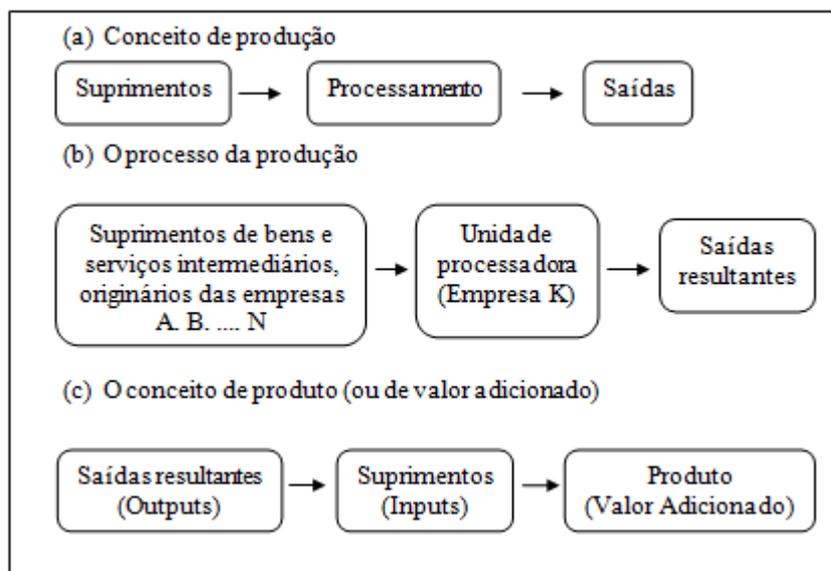


Figura 4.1- O processo de produção e o conceito de valor adicionado.

Fonte: Rosseti (2003).

4.6.3 - Utilidade

Antes de se abordar algum conceito específico da teoria da utilidade, faz-se necessário analisar uma parte importante da microeconomia, denominada teoria do consumidor, que é base para o conceito que se pretende desenvolver a seguir.

Conforme Picard (2002), quando o consumidor busca por determinados bens ou serviços, ele o faz obedecendo ao princípio da racionalidade, buscando obter a maior satisfação possível, que decorre de sua escolha quanto à quantidade e quais bens adquirir, observando sua limitação por seu limite de renda disponível. A preferência do consumidor será alterada, com possíveis alterações de preços dos produtos ou uma modificação de sua renda.

Os autores neoclássicos do fim do século XIX, primeiros a abordarem o tema, buscaram quantificar a satisfação do consumidor, decorrente de suas decisões. Isso é, lançaram o conceito da chamada utilidade cardinal, onde as preferências do consumidor são descritas e quantificadas, sendo que a quantificação das preferências se mostrou ao longo do tempo, de uma significativa complexidade e de resultados muitas vezes sem a devida aderência à realidade dos fatos.

Mais tarde, já no século XX, outros economistas de renome, entre eles Pareto e Samuelson, concluíram que, na maioria das situações, a classificação da satisfação que proporcionam é suficiente para determinar as escolhas, sem a necessidade de quantificá-

las, correndo os riscos inerentes a esse procedimento, pelas dificuldades de se avaliar, corretamente, o valor de um bem, mesmo que de forma comparativa.

Nasce, nesse momento, o conceito de utilidade ordinal, onde o consumidor, ao invés de quantificar sua satisfação ao tomar diferentes decisões, apenas ordena as diversas situações, conforme a utilidade que elas lhe proporcionam. Assim, pela adoção da utilidade ordinal, não se poderá afirmar quanto à satisfação decorrente da opção pela alternativa A é maior que a satisfação decorrente da opção pela alternativa B, e sim, que a alternativa A é preferível à alternativa B.

Em economia, o conceito de utilidade (U) significa satisfação. A todo consumo está associado um determinado valor, cardinal ou ordinal, que representa o nível de satisfação do consumidor e que pode ser comparado um com o outro. Diz-se que um determinado bem econômico é útil, não somente em termos objetivos, mas, também, em termos subjetivos.

Conforme a Figura 4.2, a utilidade, ou satisfação, que um determinado bem ou serviço fornece a um determinado consumidor, é uma função crescente a partir de zero, com incrementos decrescentes. A função utilidade tem derivada primeira positiva e derivada segunda negativa.

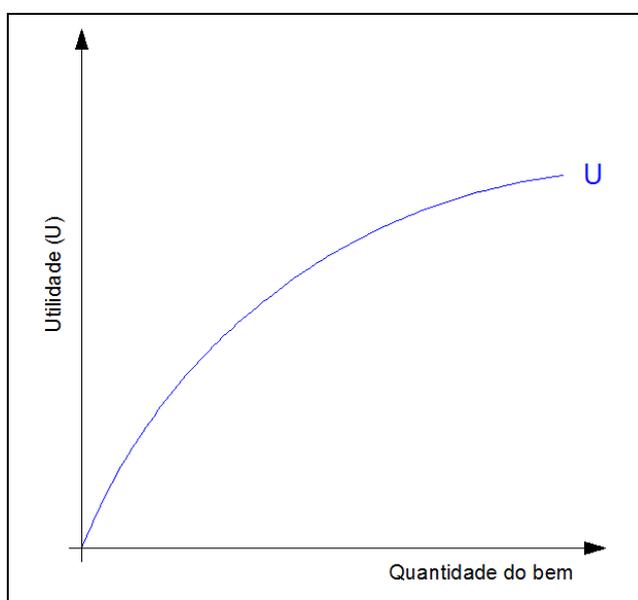


Figura 4.2 - Curva de Utilidade.

Se o consumidor demanda diferentes bens, com suas respectivas utilidades, considera-se que a satisfação alcançada com o conjunto, também chamada de utilidade total (U_t), é a soma das utilidades correspondente a obtenção de cada um dos bens (U).

Para um mesmo consumidor, se U_1 corresponde à utilidade referente a uma determinada quantidade do bem 1 e U_2 corresponde à utilidade referente a uma determinada quantidade do bem 2, então, tem-se a utilidade total U_t , conforme a Figura 4.3.

$$U_t = U_1 + U_2$$

(Equação 4.1)

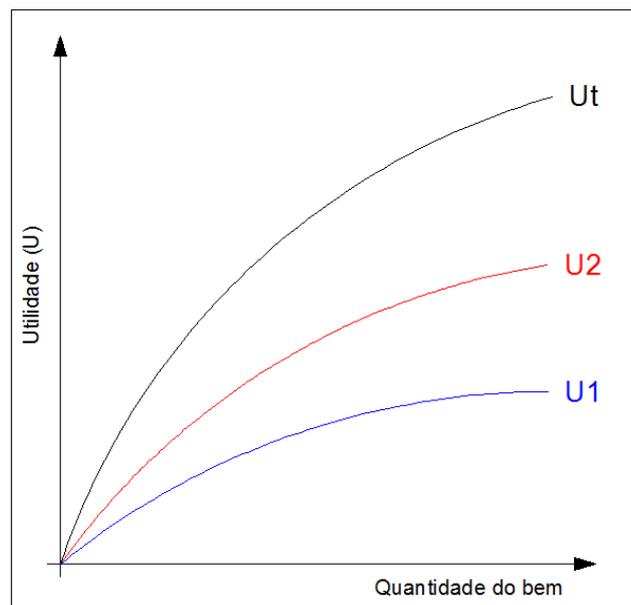


Figura 4.3 - Curva de utilidade de dois bens, para um consumidor.

A Figura 4.4 ilustra o comportamento das curvas de utilidade para o consumo de certo produto, sob a ótica de três diferentes consumidores. As utilidades, nesse caso, são incomparáveis entre si, pois não são sentidas por um mesmo consumidor. Entretanto, podem-se comparar os seus comportamentos relativos, em um determinado ponto de consumo.

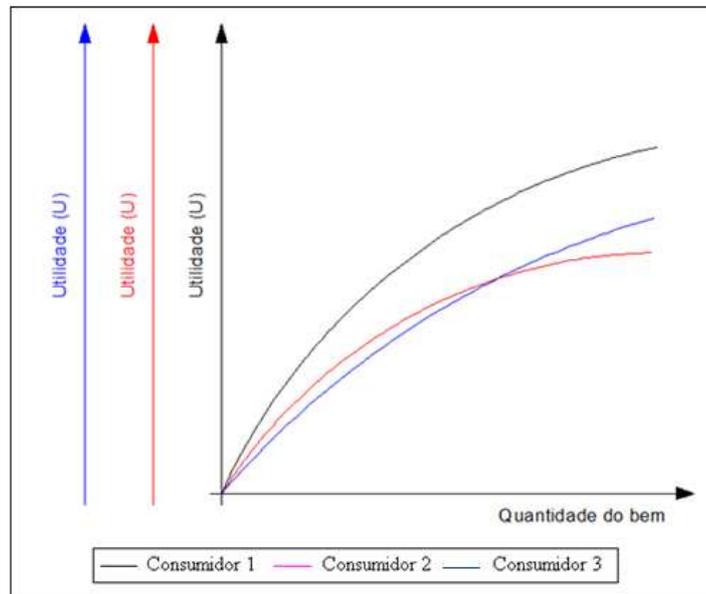


Figura 4.4 - Curvas de utilidade de um bem, para diferentes consumidores.

Embora a utilidade seja uma função crescente, a afirmação de que a satisfação decorrente da obtenção de determinado bem, sempre aumenta quando se tem a possibilidade de aumentar a quantidade consumida, não é correta. A partir de determinado valor de consumo, a utilidade atinge um teto, que corresponde a uma saturação do interesse do consumidor.

O sentimento de satisfação, portanto, a utilidade associada a um determinado bem econômico, varia de consumidor para consumidor. Como exemplificação, têm-se casos de alguns produtos que causam prejuízos à saúde, no entanto, muitos consumidores têm satisfação em consumi-los, enquanto outros não lhe atribuem qualquer utilidade. Portanto, quando se trata de dois ou mais consumidores, não faz sentido considerar a utilidade total de certo produto, como o somatório das utilidades atribuídas, individualmente por cada um dos consumidores.

Segundo Rosseti (2006), a utilidade é um conceito passível de percepção e de mensuração. A utilidade total de um produto qualquer ou um conjunto de produtos, para um mesmo consumidor é aditiva, porém, estabiliza em um determinado ponto de saturação.

4.6.4 - Utilidade marginal

Rosseti (2006) também descreve outro conceito fundamental, qual seja, a utilidade marginal (u'), também chamada de utilidade adicional, que significa a utilidade

proporcionada pelo consumo de uma unidade adicional de certo bem econômico, considerando que o consumo dos demais bens permanece inalterado.

A utilidade marginal é uma função decrescente. A satisfação decorrente da aquisição de um bem adicional diminui à medida que a quantidade já conquistada desse mesmo bem aumenta. Como a utilidade é limitada, isso é, existe um ponto a partir do qual ocorre uma saturação do consumidor, a utilidade marginal, derivada primeira da função utilidade, tende a zero quando a quantidade consumida se aproxima do ponto de saturação.

Quando se tem uma pequena quantidade de um determinado bem, a unidade adicional será muito mais valiosa para o consumidor, se comparada com a situação onde o mesmo já disponha de quantidades maiores do mesmo bem. Nesse último caso, o bem suplementar pouco aumentará sua satisfação.

A utilidade marginal se manifesta de maneira diferenciada, quando se avalia o comportamento de diferentes consumidores, ou seja, a satisfação proporcionada por certa quantidade adicional de um determinado bem ou serviço, varia de acordo com a necessidade, a prioridade, ou qualquer outro sentido que faça com que determinado consumidor, em relação a outro, sinta-se mais satisfeito com uma quantidade adicional de um determinado bem econômico que lhe é ofertado.

Na Figura 4.4, também, pode-se observar que a utilidade marginal, ou seja, a derivada primeira da função utilidade para todos consumidores, decresce à medida que unidades do bem são adicionadas. A satisfação suplementar diminui, com a oferta do próximo bem.

A utilidade associada a uma determinada quantidade de bens, por um determinado consumidor, é a soma das utilidades marginais (u'), a partir do segundo bem adquirido até o ponto que se está tratando, acrescida da utilidade dada ao primeiro bem. A utilidade cresce na medida em que se consomem unidades adicionais, até um determinado ponto de saturação, embora esse crescimento seja cada vez mais reduzido, ao longo do processo.

Na Figura 4.5, encontra-se representada a evolução da utilidade marginal (u'), em função da quantidade ofertada de um determinado bem. Verifica-se que é uma função estritamente decrescente, tendendo a zero.

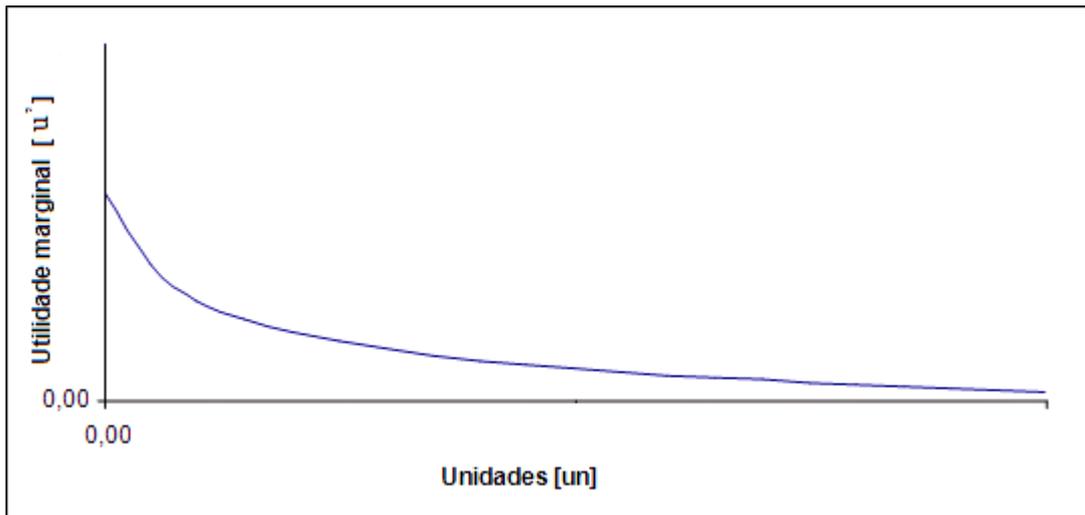


Figura 4.5 - Utilidade marginal.

Sob a ótica de diferentes consumidores, não se pode comparar as utilidades que atribuem a uma determinada quantidade de um determinado bem, mesmo que para um mesmo número, porém, é possível a comparação das utilidades marginais, que a oferta de uma unidade adicional do bem proporciona em cada um deles.

4.6.4.1. Relação das utilidades marginais de dois bens

A teoria do equilíbrio econômico (Paretiano) leva a análises que empregam largamente os conceitos de grandezas marginais. Para este trabalho, a relação das utilidades marginais será de grande valia. Desenvolve-se, a seguir, essa relação, assumindo como bem de consumo a água (a variável será a vazão “q”).

A utilidade total para o uso de duas vazões, por parte de um consumidor, é definida como:

$$U_t(q_1, q_2) = U(q_1) + U(q_2) \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde:

$U_t(q_1, q_2)$ – Utilidade total;

q_1 – Vazão 1;

q_2 – Vazão 2;

$U(q_1)$ – Utilidade para a vazão q_1 ;

$U(q_2)$ – Utilidade para a vazão q_2 .

A renda disponível (R_D) é empregada na obtenção das vazões q_1 e q_2 , ao preço p_1 e p_2 , conforme segue:

$$R_D = p_1 * q_1 + p_2 * q_2 \quad \text{Equação 4.3}$$

Onde:

R_D – Renda disponível da região;

p_1 – Preço associado à vazão q_1 ;

p_2 – Preço associado à vazão q_2 ;

q_1 – Vazão 1;

q_2 – Vazão 2.

Isola-se a vazão q_2 na Equação 4.3 e deriva-se q_2 em função de q_1 :

$$q_2 = R_D - \frac{p_1 * q_1}{p_2}$$
$$\frac{dq_2}{dq_1} = -\frac{p_1}{p_2} \quad \text{Equação 4.4}$$

A utilidade total é máxima quando a sua derivada é igual a zero. Ou seja, derivando a Equação 4.2, em relação à q_1 e à q_2 , tem-se:

$$\frac{\partial(U_t(q_1, q_2))}{\partial q_1 \partial q_2} = u'(q_1) + u'(q_2) * \left(\frac{dq_2}{dq_1} \right) = 0 \quad \text{Equação 4.5}$$

Onde:

$u'(q_1)$ - Utilidade marginal para vazão q_1 .

$u'(q_2)$ - Utilidade marginal para vazão q_2 .

Substituindo a Equação 4.4 na Equação 4.5, tem-se:

$$\frac{\partial(U_t(q_1, q_2))}{\partial q_1 \partial q_2} = u'(q_1) - \frac{p_1}{p_2} * u'(q_2) = 0 \quad \text{Equação 4.6}$$

Isolando o termo $\frac{u'(q_1)}{u'(q_2)}$ na Equação 4.6, tem-se:

$$0 = u'(q_1) - \frac{p_1}{p_2} u'(q_2)$$

$$u'(q_1) = \frac{p_1}{p_2} u'(q_2)$$

$$\frac{u'(q_1)}{u'(q_2)} = \frac{p_1}{p_2}$$

Equação 4.7

A Equação 4.7 revela uma das regras básicas da economia: o consumidor faz suas escolhas de maneira marginal, sempre comparando a satisfação de um consumo adicional de um bem *vis-à-vis* o consumo adicional de outro, ponderado pelos respectivos preços. É uma equação importante para se encontrar o equilíbrio de um mercado e será aplicada na sequência deste trabalho.

4.6.5 - Curva de indiferença

Outro conceito presente na teoria da utilidade são as chamadas curvas de indiferença (I). A construção de uma curva de indiferença decorre do fato de que, quando um determinado consumidor obtém uma utilidade total ao consumir diversos bens, é possível ele manter o seu grau de satisfação, isso é, a utilidade total, consumindo os mesmos bens, porém em quantidades diferenciadas. A sustentação da curva de indiferença do consumidor é que ele alcança o mesmo grau de utilidade total com diferentes combinações de produtos e quantidades. Todas essas combinações lhe proporcionam o mesmo grau de satisfação. Porém, é necessário que possam ser viabilizadas por um determinado nível de renda, disponível para esse consumo.

Para facilidade de compreensão do conceito, normalmente, as curvas de indiferença são construídas a partir do consumo de dois produtos e da utilidade que o consumidor atribuiu a cada um deles. Conforme descrito anteriormente, a utilidade total (U_t) é a soma das utilidades que cada um dos bens oferece ao consumidor, individualmente. A Figura 4.6 apresenta as curvas de utilidade de dois bens (x_1 e x_2), sob a ótica de um determinado consumidor, em duas situações (a e b).

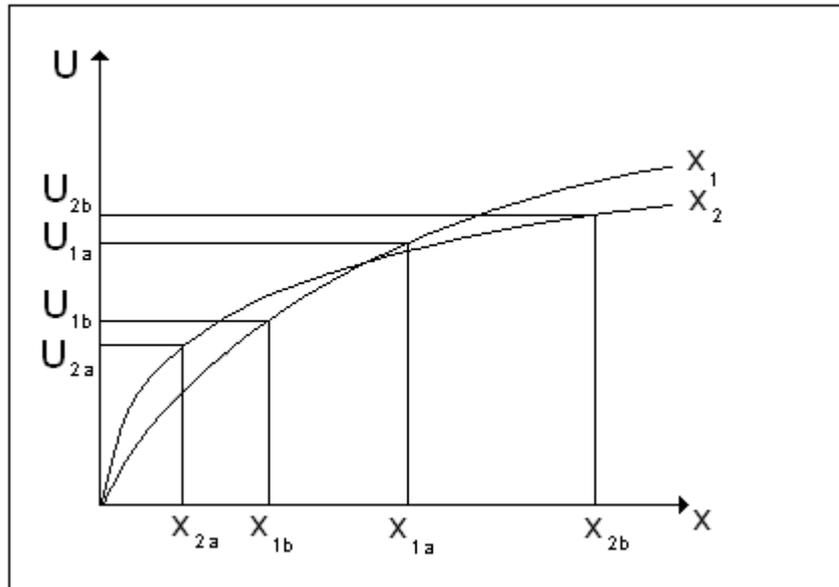


Figura 4.6 - Curvas de utilidade para dois bens (ótica de um consumidor).

A curva de indiferença para os dois bens (x_1 e x_2) é o espaço geométrico onde a combinação do vetor de consumo, em a ou b, leva a uma utilidade constante.

Logo:

$U(x_{2a}) + U(x_{1a}) = U_{t(a)}$ (Utilidade total referente ao consumo dos bens 1 e 2 em uma determinada situação “a”).

$U(x_{2b}) + U(x_{1b}) = U_{t(b)}$ (Utilidade total referente ao consumo dos bens 1 e 2 em uma determinada situação “b”).

Se a utilidade total (U_t) for a mesma nas situações a e b, tem-se:

$$U_{t(a)} = U_{t(b)}$$

Onde:

$$U_{t(a)} = U_{1a} + U_{2a}$$

$$U_{t(b)} = U_{1b} + U_{2b}$$

Ambas as situações de consumo dos bens 1 e 2 levam a uma mesma satisfação total por parte do consumidor.

Para a construção das curvas de indiferença relativas ao consumo de dois produtos, é necessário que se determine em quais níveis de utilidade total vai-se trabalhar.

Quando confrontados os dois produtos, é possível se obterem inúmeras utilidades totais, dependendo da quantidade total dos bens, e da proporção de cada um deles. Em todos os pontos ao longo de uma determinada curva de indiferença, o consumidor mantém a mesma satisfação, isso é, a utilidade é constante. Quanto maior for a possibilidade de

variação na oferta dos bens disponibilizados, maior será o número das curvas de indiferença que se pode construir.

A Figura 4.7 apresenta curvas de indiferença (I) para dois produtos (1 e 2), em diferentes níveis de utilidade total (U_t). Os níveis são crescentes, à medida que as curvas se distanciam da origem, com uma maior oferta de bens.

Como cada curva de indiferença corresponde a um determinado nível de satisfação, elas jamais se interceptam. Não é possível que em uma mesma combinação de bens produza no consumidor satisfações diferenciadas.

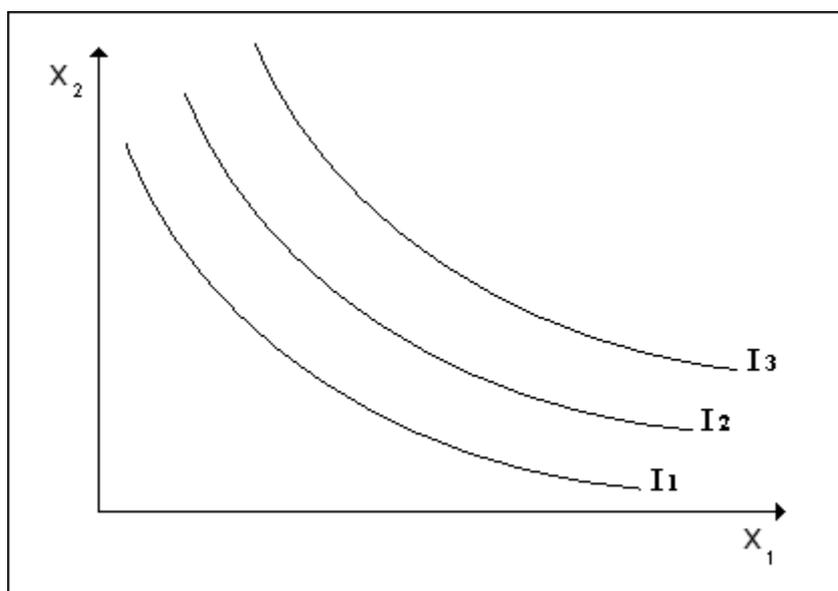


Figura 4.7 - Curvas de indiferença para dois produtos (x_1 e x_2).

No caso de confronto de dois bens, em um mesmo nível de utilidade, a curva de indiferença é sempre decrescente. Para o consumo de um bem seja aumentado, é necessário que se diminua o consumo do outro.

Também, é necessário que se observem as possibilidades efetivas de consumo, que são normalmente limitadas por uma restrição orçamentária, que se estabelece a partir da renda disponível e dos preços dos produtos. Embora o consumidor possa ser indiferente a uma multiplicidade de combinações possíveis, os preços dos produtos envolvidos e a restrição orçamentária é que indicará o ponto de máxima satisfação possível. A função de restrição orçamentária pode, todavia, sofrer variações ao longo do tempo, reproduzindo mudanças nas variáveis elencadas.

As aspirações de consumidores típicos alteram-se com o decorrer do tempo, incorporando novos hábitos, novos produtos, novas necessidades. As mudanças nas

aspirações descrevem o mapa de indiferença, que reproduz conjuntos de curvas de indiferença, indicativos de padrões diferenciados de aspirações. Qual das curvas do mapa de indiferença poderá definir a máxima satisfação possível depende, obviamente, dos preços dos produtos e da renda do consumidor.

4.6.6 - Caixa de Edgeworth

Para representar o funcionamento do mercado de trocas de dois bens, entre dois consumidores, lança-se mão de um gráfico, conhecido por caixa de Edgeworth, baseando-se essa explanação em Picard (2002).

Cada ponto dentro da caixa possui quatro coordenadas, duas referentes à região 1 e duas referentes à região 2, entre as quais se pretende realizar as trocas de dois bens, como é o caso em análise. Supõe-se que cada região (consumidor) dispõe, inicialmente, de certa quantidade de cada um dos bens, considerando como abaixo:

W_h^i = recurso inicial do bem “h” do qual dispõe o consumidor “i”.

x_h^i = variação do consumo do bem “h” pelo consumidor “i”.

A economia abordada aqui está caracterizada por uma repartição inicial das riquezas sob forma de dotações das quais dispõe cada consumidor (W), com a possibilidade de se promoverem consumos adicionais (x), por meio de um movimento de trocas de produtos.

O diagrama de Edgeworth é construído utilizando um sistema duplo de eixos, conforme a Figura 4.8, formando um retângulo cujo comprimento medido horizontalmente é igual à quantidade total do bem 1 disponível na economia (ou seja $W_1^1 + W_1^2$) e cuja largura medida verticalmente é igual a mesma quantidade para o bem 2 (seja $W_2^1 + W_2^2$). Considera-se que cada um dos consumidores se coloca em vértices opostos do retângulo para estabelecer sua posição com referência à quantidade de que dispõe dos dois bens em negociação. Salienta-se que a quantidade total de cada bem está limitada à soma das quantidades individuais, em mãos de cada consumidor.

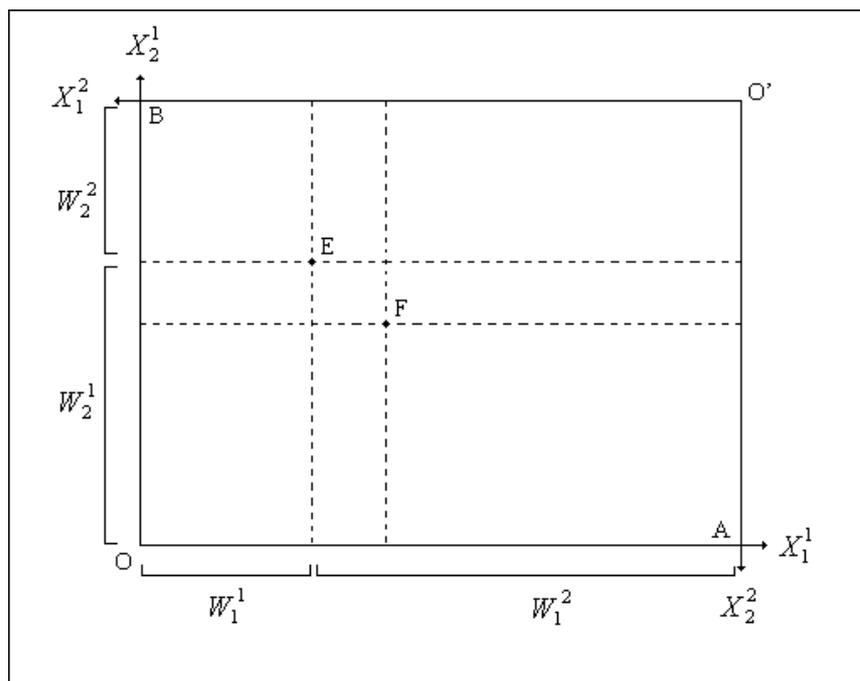


Figura 4.8 - Caixa de Edgeworth.
 Fonte: Picard (2002).

O primeiro sistema de eixos tem por origem O e está orientado para a direita e para cima. Nesse primeiro sistema de eixos, o ponto E tem por coordenadas $(W_1^1; W_2^1)$, que corresponde à possibilidade inicial de consumo, referente ao consumidor 1. A variação da quantidade de bem 1, aceita pelo consumidor 1 (ou seja x_1^1) é escrita horizontalmente, e a variação do bem 2, aceita pelo consumidor 1 (ou seja x_2^1) é escrita verticalmente.

O segundo sistema de eixos tem por origem O' e está orientado para a esquerda e para baixo. A variação da quantidade do bem 1, aceita pelo consumidor 2 (ou seja x_1^2) é escrita horizontalmente, e a variação do bem 2 (ou seja x_2^2) é escrita verticalmente. Nesse segundo sistema de eixos, o ponto E tem por coordenadas $(W_1^2; W_2^2)$ e corresponde, então, à possibilidade inicial de consumo, referente ao consumidor 2.

Nessa economia, cada agente dispõe inicialmente de certa quantidade de cada um dos bens – os parâmetros W_h^i . Contudo, limitado pela oferta máxima de cada um dos bens, pode-se alterar as quantidades iniciais, acrescentado ou retirando x_h^i unidades, definindo um novo ponto F, também situado na caixa de Edgeworth. Assim, na Figura 4.8, o ponto F define uma nova repartição dos consumos dos dois bens, tanto para o consumidor 1, como para o consumidor 2.

No entanto, nessa nova situação, o nível de satisfação de ambos os consumidores será diferente da satisfação inicial, isso é, estar-se-á sobre uma nova curva de indiferença.

Uma vez fixados os dois sistemas de coordenadas, são construídas curvas de indiferença para cada um dos consumidores, conforme os conceitos desenvolvidos anteriormente. As curvas relativas ao consumidor 1 correspondem ao sistema de eixos com origem no ponto O e terão sua concavidade voltada para cima. As curvas relativas ao consumidor 2 correspondem ao sistema de eixos com origem no ponto O' e terão sua concavidade voltada para baixo.

Na caixa de Edgeworth da Figura 4.9, as linhas de indiferença serão identificadas da seguinte forma:

I_n^i = curva de indiferença do consumidor "i", referente a um nível de utilidade "n".

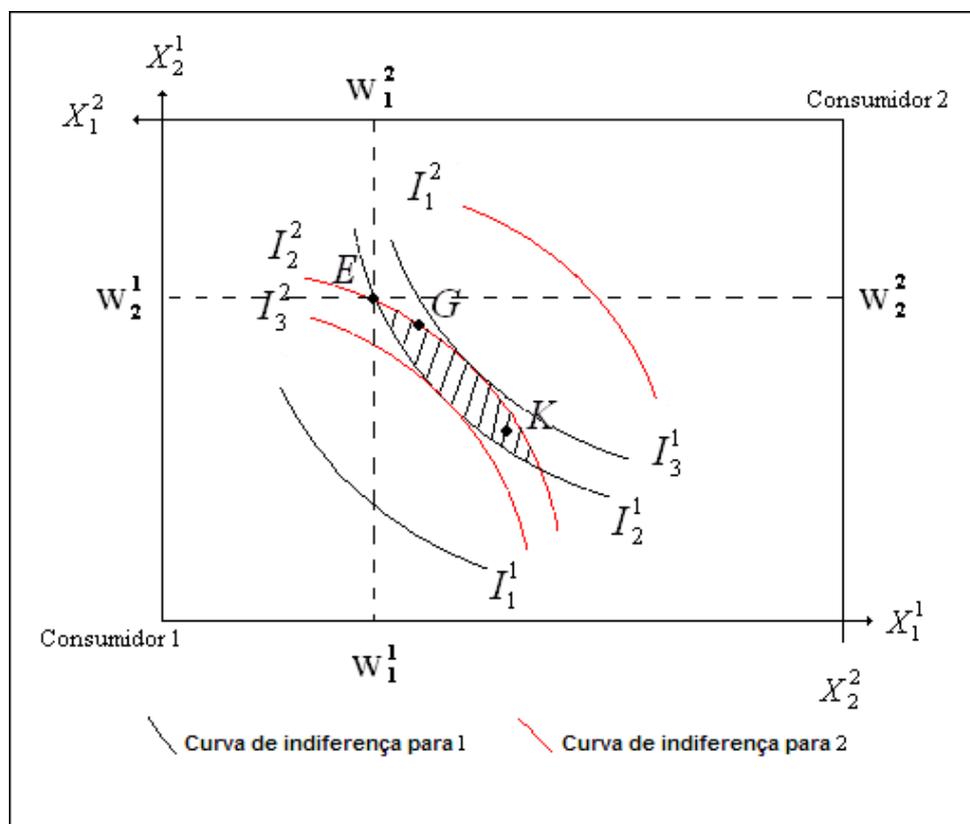


Figura 4.9 - Região de vantagem mútua e a curva de contrato.

As curvas I_1^1 , I_2^1 e I_3^1 correspondem à preferência do consumidor 1. Considerando que suas dotações iniciais $(W_1^1; W_2^1)$ correspondem ao ponto E, a curva I_2^1 corresponde ao nível de satisfação atingido pelo consumidor 1, se esse consome integralmente suas dotações. As curvas I_1^1 e I_3^1 correspondem, respectivamente, a um nível de satisfação mais fraco e mais elevado.

As curvas I_1^2 , I_2^2 e I_3^2 correspondem às preferências do consumidor 2, relativas ao segundo sistema de eixos. Considerando que a curva I_2^2 também passa pelo ponto E, e

corresponde à satisfação do consumidor 2, quando consome integralmente suas dotações iniciais ($W_1^2; W_2^2$), as curvas de indiferença I_1^2 e I_3^2 correspondem, respectivamente, a um nível de satisfação mais fraco e mais elevado.

Para o consumidor 1, toda posição de consumo, situada acima da curva I_2^1 é preferível à posição inicial “E”, e, para o consumidor 2, todo ponto situado abaixo da curva I_2^2 é julgado superior à posição inicial “E”.

Como se pode concluir a partir da análise da Figura 4.9, a parte grifada representa o conjunto de pontos, correspondentes às quantidades consumidas dos dois bens, nos quais ambos os consumidores obtêm vantagens, em relação à situação inicial, definida pelo ponto E. Portanto, é uma “região de vantagem mútua”.

Um consumidor, a partir de um ponto inicial, só pode buscar uma nova posição de melhor vantagem, com a concordância do outro consumidor, que, no mínimo, não aceitará perdas em sua situação inicial. Esse movimento leva ao equilíbrio de Pareto, ou ótimo paretiano.

A partir do ponto E, verifica-se que é possível melhorar a utilidade referente ao consumidor 1, sem diminuir a utilidade referente ao consumidor 2, passando do ponto inicial para o ponto G. Nesse caso, o consumidor 2 permanece sobre sua linha de indiferença I_2^2 , enquanto o consumidor 1 atinge um nível de satisfação superior àquele correspondente ao ponto E.

É possível melhorar simultaneamente a satisfação dos dois consumidores, localizando um ponto K, qualquer, situado no interior da região de vantagem mútua.

4.6.7 - Curva de contrato

Aqui, define-se outro conceito importante em economia, chamado de curva de contrato. De maneira simplificada, a curva de contrato é formada pelo conjunto dos pontos de tangência, entre as curvas de indiferença dos dois consumidores. Conforme a Figura 4.10, cada curva de indiferença, relativa a um consumidor, tangencia somente uma curva de indiferença relativa ao outro consumidor. Portanto, esse é o melhor ponto para ambos os consumidores, em seus respectivos níveis de utilidade. Não existe outra repartição dos consumos que aumente a satisfação de um consumidor, sem que diminua a do outro.

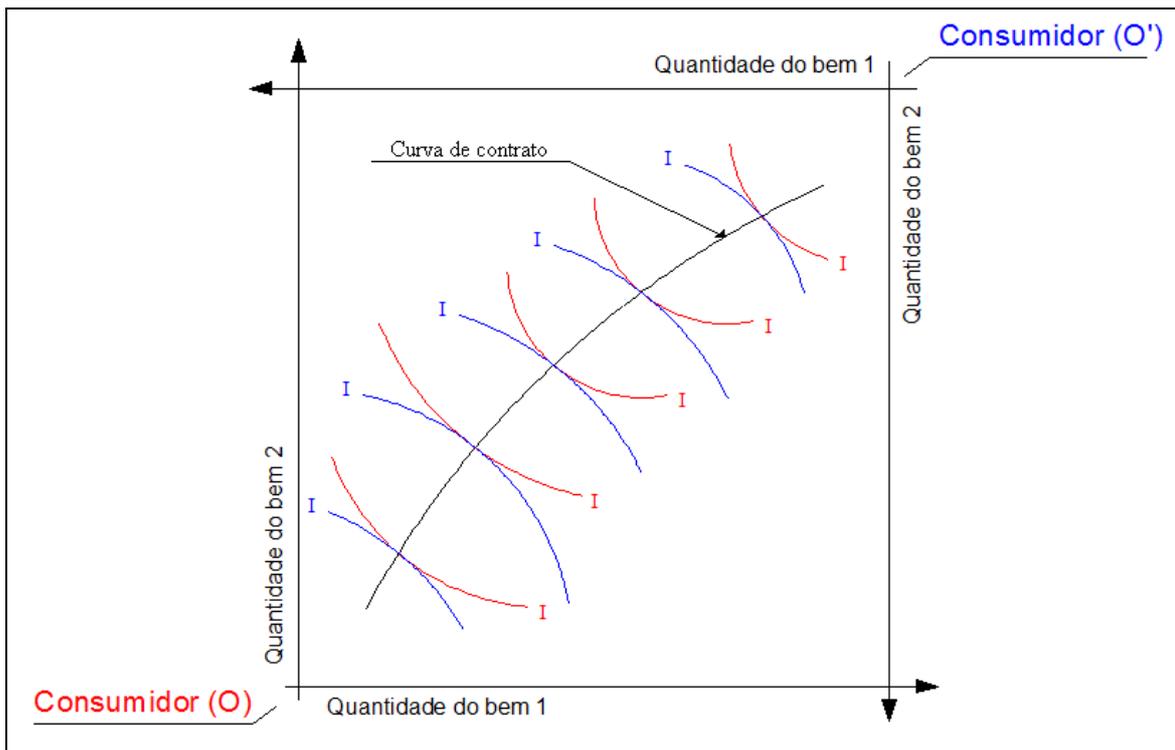


Figura 4.10 - Curva de contrato.

O ponto que apresenta a situação de maior satisfação para ambos os consumidores, por certo estará situado sobre a linha de contrato, em um determinado nível de utilidade. A partir daí, qualquer movimento que promova ganho para um consumidor, significará perda para o outro.

Os pontos que se situam sobre a curva de contrato, e que definem percentuais dos dois bens, para cada uma dos consumidores, em cada nível de utilidade, são chamados de pontos de “Ótimo de Pareto”.

Se o ponto que define as dotações iniciais dos consumidores não pertence à curva de contrato, é possível melhorar a situação de cada um dos agentes, modificando as quantidades de bens de cada um deles, por meio de um mecanismo de troca, buscando atingir o melhor ponto, situado na curva de contrato. É exatamente o papel dos mercados: permitir de modo voluntário essa redistribuição mutuamente vantajosa de riquezas.

4.6.8 - A teoria da utilidade associada a risco

Sob a ótica de um determinado consumidor, pode-se trabalhar com a análise da teoria da utilidade, associando-a a um determinado risco de não-atendimento, quanto à oferta de um bem. Um investidor com percepção de risco pondera a expectativa de

aumento de ganho *vis-à-vis* um risco maior (também chamado de avesso ao risco). Sua preferência será para um retorno esperado maior, conforme cresce o risco associado ao investimento correspondente, o que é chamado “prêmio do risco”. Coerente com a mesma lógica, o consumidor pode abrir mão do prêmio do risco, optando por um resultado menor, embora certo.

4.6.8.1. Aversão ao risco – A função de Von Neumann-Morgenstern

A função de utilidade de Von Neumann-Morgenstern nada mais é que a curva de utilidade vista de uma forma probabilística. Essa abordagem foi desenvolvida no sentido de explicar o denominado paradoxo de São Petersburgo. Por que um determinado consumidor, com possibilidades de ganhos (riqueza) distintos, associados a diferentes riscos, prefere trocar essa condição por uma mais cômoda, sem risco, mesmo que lhe dê um retorno abaixo da esperança matemática da primeira situação? Tal decréscimo do ganho tem de compensar, sob sua ótica, a redução (ou anulação) do risco. Com base na curva de utilidade de Von Neumann-Morgesntern, Figura 4.11, demonstra-se que o consumidor procura maximizar a utilidade de sua riqueza, não a riqueza propriamente dita.

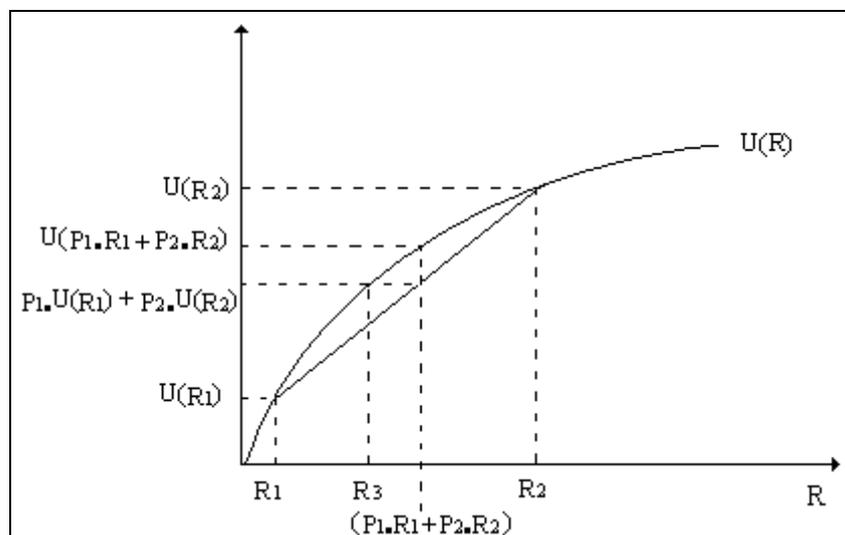


Figura 4.11 - Curva de utilidade de Von Neumann – Morgenstern.

Nesse ponto, vale recordar o conceito de esperança matemática (E) para um conjunto de valores, cada um deles com determinada frequência (ou probabilidade). A esperança matemática é definida como sendo a média desses valores ponderados pela percentagem de sua ocorrência, dentro do universo que se considera.

Na Figura 4.11, pode-se observar que as riquezas R_1 e R_2 estão associadas às utilidades U_1 e U_2 , respectivamente, e ambas têm probabilidades de ocorrência P_1 e P_2 . Assim, as esperanças matemáticas da riqueza ($E(R)$) e da utilidade ($E(U)$) são dadas pelas seguintes expressões:

$$E(R) = P_1 * R_1 + P_2 * R_2 \quad \text{Equação 4.8}$$

$$E(U) = P_1 * U_1 + P_2 * U_2 \quad \text{Equação 4.9}$$

Como se vê, as duas esperanças são combinações lineares semelhantes (mesmas proporções P_1 e P_2), sendo que os pontos $(P_1 * R_1; P_1 * U_1)$ e $(P_2 * R_2; P_2 * U_2)$ definem uma reta, onde cada ponto é um par ordenado $(E(R); E(U))$.

Observando a curva de utilidade da Figura 4.11, vê-se que a esperança matemática da utilidade $E(U)$ corresponde a uma riqueza R_3 , menor que a esperança matemática da riqueza $E(R)$. Isso significa que o consumidor se satisfaz com esta riqueza R_3 , sem risco. A diferença entre a $E(R)$ e R_3 é denominada prêmio do risco. Ou seja, o deságio que se aceita, nesse caso, para não correr risco.

5 - METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico para a construção da ferramenta de negociação, para alocação territorial de longo prazo de vazões com diferentes garantias, objeto da presente tese, obedece a quatro etapas distintas, porém, interligadas segundo o diagrama apresentado na Figura 5.1.

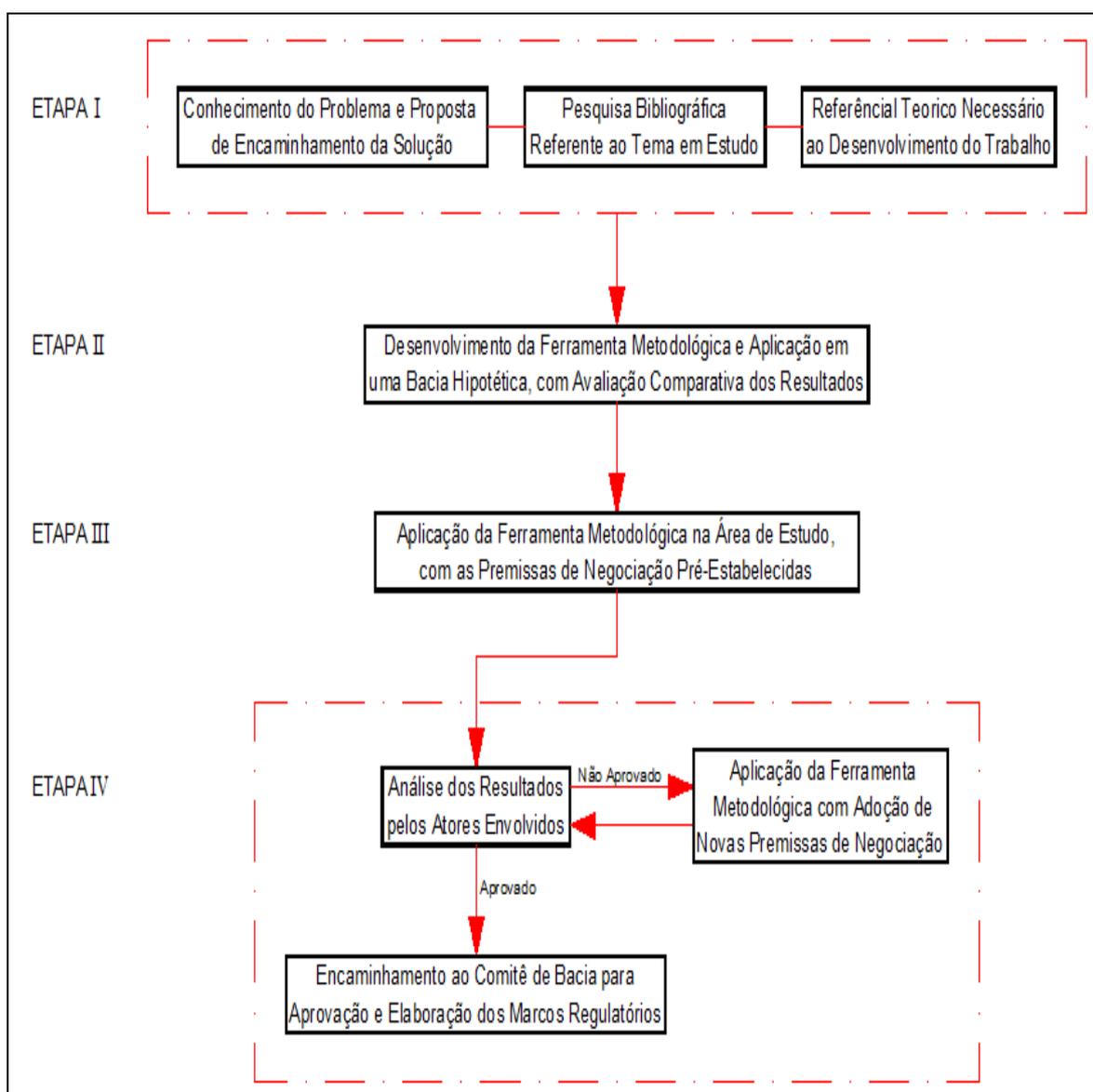


Figura 5.1 - Diagrama do desenvolvimento metodológico.

Na primeira etapa, foi caracterizado o problema e apresentada a proposta de encaminhamento, com os objetivos que se pretende alcançar, pesquisada a bibliografia referente ao tema e elencado o referencial teórico necessário para a construção da solução pretendida.

Na segunda etapa, desenvolveu-se a montagem da ferramenta metodológica propriamente dita, com a organização e desenvolvimento dos passos necessários para aplicação da proposta em uma bacia hipotética, comparando-se os resultados obtidos a partir de outros critérios de alocação de água, com aqueles decorrentes do processo de negociação entre as regiões.

Na terceira etapa, a ferramenta metodológica foi aplicada em área em que a alocação e o uso da água eram previamente conhecidos e quantificáveis, e onde era possível a divisão da área em unidades territoriais de gestão hídrica de significativa identidade socioeconômica, de modo a possibilitar a determinação de uma correlação preliminar dos valores relativos atribuídos a cada um dos produtos em negociação, no caso, volumes de águas com diferentes garantias. Adotou-se a correlação das vazões demandadas, com diferentes garantias, em cada uma das unidades de gestão, como a correlação preliminar de preços a ser inicialmente aplicada.

Na quarta etapa, os resultados alcançados no processo de trocas, que teve por base a adoção de parâmetros iniciais de negociação, isso é, da relação preliminar de preços atribuída aos produtos, em cada uma das unidades de gestão, foram analisados pelas partes envolvidas. Para comparação de resultados, foi apresentada uma nova relação de preços, e alteradas as restrições de exutório. Caso as unidades de gestão envolvidas na negociação entendessem que os resultados alcançados não foram satisfatórios, nova relação de preços dos produtos devia ser estabelecida, em uma ou em ambas as unidades de gestão, de forma que uma nova aplicação da ferramenta pudesse resultar em valores aceitáveis para ambas. Caso contrário, o processo de negociação integrativa deveria continuar, até que o resultado fosse satisfatório, isso é, não o melhor cenário para apenas um dos competidores, mas um cenário de ganhos simultâneos. Uma vez aprovada a regra de alocação, o comitê encaminharia as necessárias providências para definição dos procedimentos administrativos.

6 - DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA METODOLÓGICA

Um importante conceito empregado no desenvolvimento deste trabalho é o da “Riqueza Hídrica”. A discussão sobre riqueza aparece nos textos de economia desde Adan Smith, com a publicação de “A Riqueza das Nações”, em 1776. Pode ser caracterizada, do ponto de vista da produção, como a capacidade de um determinado agente de produzir bens, a partir dos chamados Fatores de Produção. O fator terra é aqui representado pela água disponível para o uso em certa região. Do ponto de vista da teoria do consumidor, a riqueza é o bem disponível para o consumo ou para o livre dispor. Esse será o conceito que subsidiará o modelo básico desta tese.

6.1 - RIQUEZA HÍDRICA REGIONAL

A riqueza hídrica potencial de uma região está relacionada com a água produzida na mesma, ou seja, a vazão incremental. A riqueza hídrica efetiva está relacionada com a política de alocação adotada na região. Define a parcela da vazão produzida na unidade de gestão hídrica que pode ser destinada aos diversos consumos. Essa política é definida pela estrutura institucional, que pode ser governo, comitês de bacia ou a combinação dessas instituições, como está preconizado para o Brasil, embora ainda não de todo implementada. Há de se observar que, no presente texto, riqueza e renda se confundem. De forma mais precisa, riqueza se refere à acumulação e renda é uma variável de fluxo. Tal erro é comum na prática, pois se considera mais rico o país que tem maior PIB (variável de fluxo) e não o de maior estoque de capital (variável de acumulação).

Para atender à questão da equidade (justiça distributiva), é papel das instituições garantir um mínimo de riqueza a regiões carentes de um fator de produção, retirando o direito de uso de regiões onde o mesmo fator é abundante. Entretanto, pode-se postular que se reserve mais desse recurso nas regiões produtoras e que se lhes permita consumir, produzir ou trocar esse bem ou insumo, da maneira que lhes convier. Aí estaria uma combinação do pensamento neoclássico da economia com considerações de equidade e justiça.

Pode-se diferenciar essa riqueza hídrica entre diferentes vazões outorgáveis associadas a níveis de riscos diferentes. Assim, a riqueza hídrica efetiva de uma região é representada pelo conjunto dessas vazões outorgáveis com diferentes riscos (vazões com diferentes riscos são produtos distintos).

A otimização da alocação territorial das vazões outorgáveis, segundo a ótica dos usuários, será resultado das trocas entre as diferentes unidades de gestão, permitindo melhores oportunidades de desenvolvimento, refletidas nas suas satisfações.

6.2 - OUTORGA DE DIFERENTES VAZÕES, ASSOCIADAS A RISCOS

Denomina-se, usualmente, vazão de referência o caudal com base no qual se define uma parcela outorgável para os usuários. Em geral, essa vazão é uma estimativa da vazão mínima, associada a um determinado risco.

Neste trabalho, será utilizada a vazão de referência calculada com base na distribuição de probabilidade (ou nas curvas de permanência) das vazões médias mensais, uma vez ser o objetivo aqui a alocação territorial de longo prazo, não tendo sentido o uso de valores diários. Da mesma forma, não se adotaram valores com base na duração de sete dias consecutivos, uma vez que essas vazões de referência traduzem apenas uma situação de vazão mínima extrema e não um comportamento médio da vazão.

As vazões de referência serão obtidas a partir da curva de permanência (ou duração), com vazões médias mensais. A curva fornece, para cada vazão, o percentual do tempo em que ocorrem vazões iguais ou superiores a essa vazão em questão. A curva de duração é o complemento da função de probabilidade acumulada. Para uma determinada vazão, a duração associada, somada à probabilidade acumulada associada, resulta em 1.

Adotam-se, na presente modelagem, duas vazões de referência: Q_{R1} , associada a uma probabilidade de excedência P_1 , e Q_{R2} , com probabilidade de excedência P_2 , sendo P_1 maior que P_2 . Neste ponto, introduz-se um novo conceito, com o objetivo de auxiliar a compreensão e a modelagem. Como Q_{R2} inclui a vazão Q_{R1} , com a duração P_2 , separa-se esta última vazão em duas parcelas: uma é a própria Q_{R1} , e a outra é a diferença ($Q_{R1} - Q_{R2}$). Para evitar confusões, denominam-se essas duas parcelas como Q_1 e Q_2 , conforme indicado na Figura 6.1. Essas vazões serão as novas referências neste trabalho, sobre as quais serão aplicadas, respectivamente, os percentuais k_1 e k_2 , que refletem a política de outorga, resultando nas vazões outorgáveis Q_{o1} e Q_{o2} , associadas a determinados riscos, conforme se apresenta a seguir:

$$Q_{o1} = k_1 \cdot Q_1 \rightarrow \text{Risco} = 100 - P_1 [\%] \quad \text{Equação 6.1}$$

$$Q_{o2} = k_2 \cdot Q_2 \rightarrow \text{Risco} = 100 - P_2 [\%] \quad \text{Equação 6.2}$$

Sendo:

P_1 e P_2 - Probabilidade de excedência das vazões de referência em percentagem

k_1 - Percentual aplicado sobre Q_1 .

k_2 - Percentual aplicado sobre Q_2 .

Q_1 - Vazão associada a uma probabilidade P_1

Q_2 - Vazão associada a uma probabilidade P_2

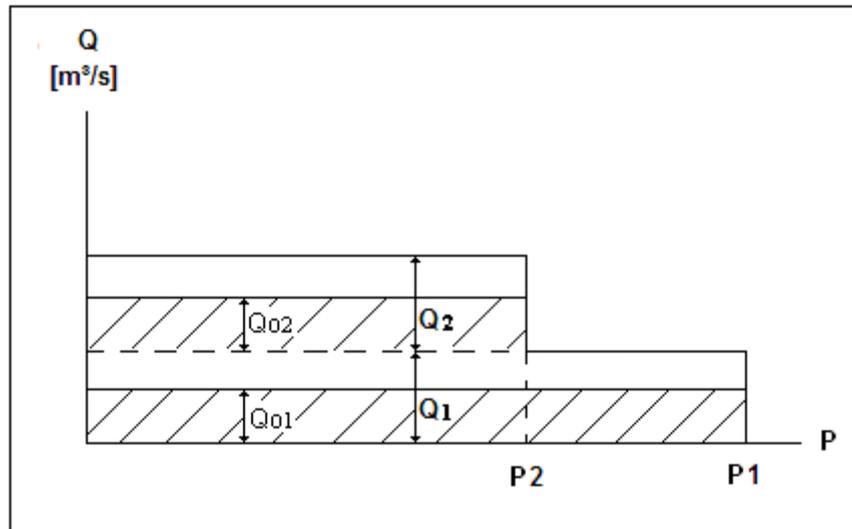


Figura 6.1 - Gráfico de permanência das vazões de referência.

Posteriormente, quando da aplicação dos conceitos aqui desenvolvidos, vai-se trabalhar com duas vazões de referência: a Q_{05} , com probabilidade de 5 % de não excedência, e a Q_{80} , com probabilidade de 20 % de não excedência. A primeira corresponderá à Q_1 e a diferença delas será a Q_2 .

Neste capítulo, serão utilizadas vazões outorgáveis e vazões outorgadas. Para não aumentar a complexidade da nomenclatura, adota-se Q_o indistintamente. No entanto, é necessário reforçar a diferença conceitual existente entre elas. Como se viu, as vazões outorgadas iniciais são parcelas, definidas pela política de recursos hídricos, das vazões de referência, associadas a certo risco. As vazões outorgáveis compõem as riquezas hídricas efetivas das regiões. Partindo-se dessas riquezas, ocorreriam as trocas das vazões com distintos riscos, chegando às vazões outorgáveis que caberiam a cada região. De outra parte, ao se tratar da teoria da utilidade aplicada à água, a satisfação do consumidor se refere a um nível de vazão outorgada, que lhe garante o direito de consumir esse caudal.

Neste trabalho, adotaram-se riscos de 5% e 20%, associados a garantias de 95% e 80%, respectivamente. Escolheu-se 5% de risco por ser um valor considerado baixo, para

riscos de engenharia, quando vidas não estão em jogo. O risco de 20%, embora elevado do ponto de vista de engenharia, tem sido usado como limite de risco econômico (risco de se ter negativa a esperança do valor presente líquido de investimento).

6.3 - ALOCAÇÃO TERRITORIAL DA ÁGUA

6.3.1 - Modelo atual de alocação

O modelo de alocação territorial, adotado pela União e por todos os estados, onde já se encontra implantado o sistema de gestão é, na verdade, um critério de outorga de água, que não tem a preocupação de promover qualquer equidade na distribuição de água, no território de uma bacia. Tem, como base, a manutenção de uma determinada quantidade mínima de água no corpo hídrico, chamada de vazão de referência (Q_R), que se estabelece, sem qualquer análise mais aprofundada. A vazão mínima (residual) a ser mantida no corpo d'água é de $(1-k)*Q_R$, sendo o percentual “k” referente à política de outorga da região.

O modelo adotado traz um significativo prejuízo para as regiões mais à montante da bacia, favorecendo as regiões de jusante, onde normalmente ocorrem as maiores demandas consuntivas. Essas demandas, uma vez outorgadas, reduzem a vazão outorgável à montante, limitando o desenvolvimento da região.

Não é uma alocação técnica que garanta um determinado direito para toda área da bacia. Como se apresenta o modelo, caso um determinado usuário, situado no exutório da bacia, demande toda parcela outorgável da vazão de referência, toda região a montante terá o compromisso de produzir para apenas esse consumidor. Em outra situação, qualquer outorga consultiva a montante, inviabiliza a plena aplicação da regra para os usuários de jusante, pois não poderão contar com todo percentual da vazão de referência que, teoricamente, estaria disponível.

Os conflitos ainda não estão ocorrendo de maneira acentuada, porque, em grande parte do país, a disponibilidade ainda supera a demanda. Além do mais, os usuários promovem a captação de água de forma não-simultânea e ocorre um reforço, decorrente de grande parte das vazões captadas que retornam ao corpo hídrico.

A modelagem seguinte, com base na Figura 6.2, demonstra que não é possível promover uma alocação territorial da água, garantindo a manutenção de um percentual da vazão de referência $(1-k)*Q_{R(A)}$, em uma determinada seção “A” e ao mesmo tempo,

garantir o direito de um usuário colocado em uma seção “B” a outorgar $k \cdot Q_{R(B)}$, isso é, adotando uma mesma política de outorga “k”.

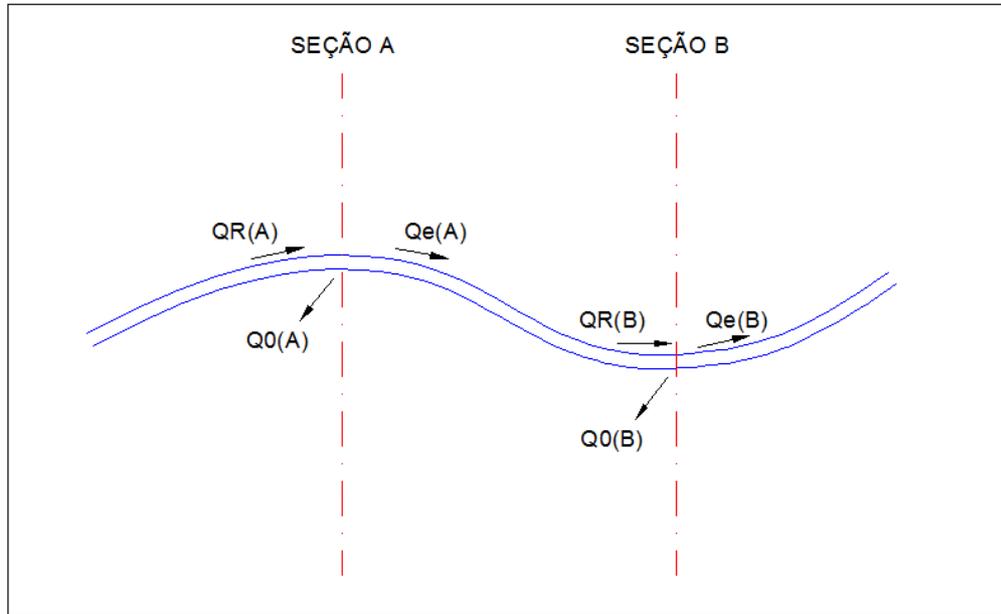


Figura 6.2 - Modelo atual de alocação de água.

Tem-se a seguinte função-objetivo:

Maximizar $Z = k_o$ (percentual outorgável na seção), sendo o próprio “ k_o ” a variável de decisão.

Sujeito as seguintes restrições:

- (A) $Q_{R(A)} - Q_{o(A)} = Q_{e(A)}$
- (B) $Q_{R(B)} - (Q_{o(A)} + Q_{o(B)}) = Q_{e(B)}$
- (C) $Q_{e(A)} \geq (1 - K) \cdot Q_{R(A)}$
- (D) $Q_{e(B)} \geq (1 - K) \cdot Q_{R(B)}$
- (E) $Q_{o(A)} = K_o \cdot Q_{R(A)}$
- (F) $Q_{o(B)} = K_o \cdot Q_{R(B)}$
- (G) $K_o \leq 1$

Sendo:

$Q_{R(A)}$ - Vazão de referência na seção A, associada a determinado risco.

$Q_{R(B)}$ - Vazão de referência na seção B, associada a determinado risco.

$Q_{o(A)}$ - Vazão outorgável na seção A

$Q_{o(B)}$ - Vazão outorgável na seção B

$Q_{e(A)}$ - Vazão efluente da seção A

$Q_{e(B)}$ - Vazão efluente da seção B

K - Percentual outorgável definido pela política de outorga

K_o - Máximo percentual outorgável na seção

Considerando as restrições (E), (A) e (C), tem-se:

$$Q_{R(A)} - (k_o * Q_{R(A)}) \geq (1-k) * Q_{R(A)}$$

$$1 - k_o \geq 1 - k$$

$$k_o \leq k \text{ (Primeira condição)}$$

Considerando as restrições (B), (E), (F) e (D), tem-se:

$$Q_{R(B)} - (k_o * Q_{R(A)} + k_o * Q_{o(B)}) \geq (1-k) * Q_{R(B)}$$

$$Q_{R(B)} - (k_o * Q_{R(A)} + Q_{R(B)}) \geq (1-k) * Q_{R(B)}$$

$$1 - k_o(Q_{R(A)} / Q_{R(B)} + 1) \geq 1 - k$$

$$K_o \leq k * Q_{R(B)} / (Q_{R(A)} + Q_{R(B)}) \text{ (Segunda condição)}$$

De acordo com as duas condições apresentadas, verifica-se que “ k_o ” será sempre menor que “ k ”, na proporção ($Q_{R(B)} / (Q_{R(A)} + Q_{R(B)})$), isso é, ao fixar-se uma determinada política (k) para garantir o exutório da seção, não será possível mantê-la logo à montante.

Pelo exposto, pode-se inferir que o modelo majoritário atual de alocação não garante o direito líquido e certo de se outorgar kQ_R , para uma determinada seção, apenas deveres quanto à manutenção de uma determinada vazão $(1-k)Q_R$ efluente, na seção considerada.

6.3.2 - Alocação com base técnica ou econômica

Para aplicação da metodologia proposta, de alocação de água em um determinado espaço territorial, é necessário que, inicialmente, a área seja subdividida em unidades de gestão hídrica (UGHs), ou seja, em regiões que possuam vocações socioeconômicas semelhantes, que possam refletir diferentes demandas por recursos hídricos.

A bacia hidrográfica pode ser representada por unidades de gestão hídrica, se essas representem, adequadamente, as particularidades políticas, econômicas, físicas e ambientais.

Em cada UGH, pode-se determinar uma vazão incremental de referência, com determinada probabilidade de excedência (QI), relativa à sua área de contribuição, bem

como as políticas de alocação e os riscos adotados para a mesma, e a vazão de restrição em seu exutório, que pode levar em consideração as necessidades dos diversos usos, e, não apenas, a garantia de manutenção de um percentual de uma vazão mínima de referência.

A alocação da água outorgável na bacia como um todo pode ser realizada segundo critérios técnicos e econômicos, que devem ser definidos no plano de bacia hidrográfica, discutido no comitê. Deve considerar os consumos atuais e futuros em cada unidade de gestão hídrica. Para tanto, devem ser definidos cenários futuros de desenvolvimento econômico, associando a consumos de água.

A Figura 6.3 apresenta, de forma esquemática, a riqueza hídrica potencial de cada região, onde QI é a água incremental de cada região, associada a certo risco, e QN é a vazão natural do curso d'água, somatório das vazões incrementais a montante do ponto considerado.

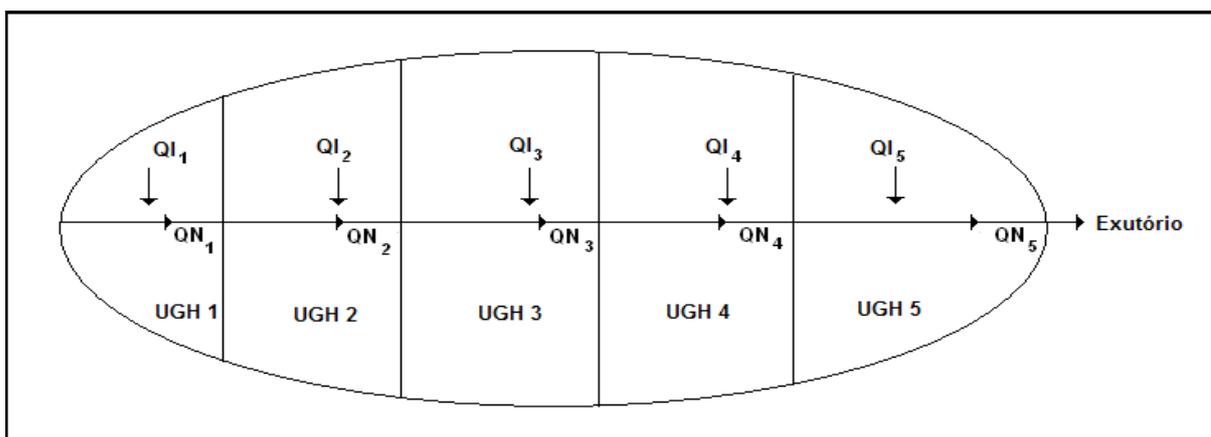


Figura 6.3 - Riqueza hídrica potencial e vazões naturais de cada região.

Onde:

$QN_{1,2,3,...}$ – Vazão natural no exutório da UGH (somatório das incrementais a montante)

$QI_{1,2,3,...}$ – Vazão incremental referente à região.

Para análise dos critérios de alocação apresentados a seguir, será utilizada uma mesma bacia hidrográfica hipotética, conforme a Figura 6.4, que apresenta a distribuição esquemática das UGHs e de suas vazões características.

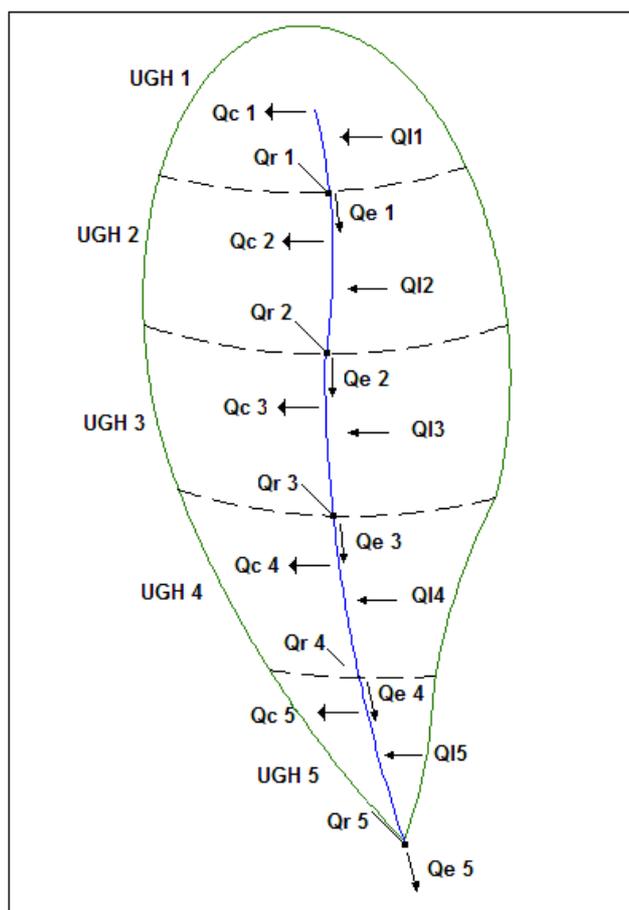


Figura 6.4 - Vazões características nas UGHs de uma bacia hidrográfica hipotética.

Para cada UGH, têm-se:

Q_I – Vazão incremental

Q_c – Vazão consumida

Q_e – Vazão efluente

Q_r – Vazão de restrição

6.3.3 - Critérios técnicos de alocação territorial

Denominam-se critérios técnicos de alocação de água aqueles que derivam do equacionamento que consideram apenas as variáveis técnicas, quais sejam: produção de água, consumo, vazões de referência, parcela outorgável e vazões de restrição com valores estabelecidos de acordo com as necessidades de água em cada exutório.

A vazão outorgável de cada região (Q_o) é uma parcela da vazão de referência da mesma (Q_R). Essa parcela, que representa a riqueza efetiva da região, é definida pela política adotada, ou seja, pela parcela outorgável (k), conforme apresentado:

$$Q_o = k \cdot Q_R \quad \text{Equação 6.3}$$

Pelo critério adotado de forma majoritária no Brasil, conforme descrito no item 6.3.1 -, a vazão de referência é a vazão natural do rio sob determinada probabilidade de ocorrência. Adota-se uma mesma política (k) para toda bacia, tendo-se uma distribuição diferenciada entre regiões, ou unidades de gestão hídrica, o que não permite uma justa alocação do bem água, pois não é um critério de alocação de direitos iguais para toda bacia, mas sim de garantia de uma vazão mínima, que é um percentual da vazão de referência, e que não garante as necessidades peculiares de cada seção, além de prejudicar as regiões mais a montante, que costumam produzir mais água por unidade de área.

Procura-se então, por meio dos critérios técnicos de alocação, definir uma vazão de referência e uma mesma política de outorga, ao longo de uma bacia hidrográfica, de forma que reduza as diferenças de oferta de água, entre as unidades de gestão hídrica.

Entre outras possibilidades, consideram-se três situações distintas para a alocação técnica:

- Na primeira situação, utiliza-se uma mesma política de alocação, sobre a vazão natural afluente à unidade de gestão hídrica;
- Na segunda situação, utiliza-se uma mesma política de alocação, sobre a vazão natural no exutório da unidade de gestão hídrica;
- Na terceira situação, utiliza-se uma mesma política de alocação, sobre a vazão incremental de cada unidade de gestão hídrica.

Em todas as três hipóteses, é necessário respeitar as restrições impostas, principalmente as vazões mínimas no exutório das UGHs.

6.3.3.1. Utilização de uma mesma política de alocação, sobre a vazão natural afluyente à unidade de gestão hídrica.

Fundamentos

A vazão de referência é a vazão natural do rio com determinada probabilidade de excedência, isso é, o conjunto das vazões incrementais em todas nas unidades de gestão a montante e na própria unidade de gestão considerada.

Mesmo em se tratando de um critério técnico, com a possibilidade de se definirem diferentes vazões de restrição ao longo da bacia, sem vinculo obrigatório com a vazão de referência, caso se adote esse critério sem o devido cuidado de se buscar compensar as áreas de montante, chega-se a uma sensível diferenciação de oportunidades no uso da água entre as unidades de gestão hídrica, ou seja, à medida que se caminha para o exutório da bacia, tem-se um sensível incremento da vazão outorgável, o que beneficia as áreas de jusante.

Modelagem

Tem-se a seguinte função-objetivo:

Maximizar $Z = K$ (política de outorga)

Com base na premissa de alocação e na Figura 6.4:

$$Q_{e_j} = \sum_{k=1}^j QI_j - K * \sum_{k=1}^j QI_j \quad \text{Equação 6.4}$$

$$Q_{o_j} = K * \sum_{k=1}^j QI_j \quad \text{Equação 6.5}$$

Sujeito às restrições:

$$Q_{o_j} \geq 0$$

$$Q_{e_j} \geq Q_{r_j}$$

Onde:

Q_{e_j} – Vazão efluente no exutório da UGH;

QI_j – Vazão incremental na UGH;

K – Percentagem outorgável da vazão de referência;

$\sum_{k=1}^j QI_j$ – Somatório das vazões incrementais, nas UGHs de montante até o exutório;

Q_{o_j} – Vazão outorgável na UGH;

Q_{r_j} – Vazão de restrição a ser respeitada no exutório da UGH.

6.3.3.2. Utilização de uma mesma política de alocação, sobre a vazão natural no exutório da unidade de gestão hídrica.

Fundamentos

A vazão de referência está relacionada com a vazão efluente no exutório de cada unidade de gestão hídrica. A vazão efluente é resultado da adição da vazão incremental, produzida em seu próprio território, somada à vazão efluente da UGH situada imediatamente a montante, subtraindo-se a vazão outorgável na própria UGH.

A vazão outorgável em cada UGH será um percentual (k) da vazão efluente, considerando as condições de restrição impostas, principalmente aquela que diz respeito às condições mínimas de água no exutório da UGH.

Modelagem

Tem-se a seguinte função objetivo:

Maximizar $Z = K$ (política de outorga)

Com base na premissa de alocação e na Figura 6.4:

$$Q_{e_j} = Q_{I_j} + Q_{e_{(j-1)}} - K * Q_{e_j} \quad \text{Equação 6.6}$$

$$Q_{o_j} = K * Q_{e_j} \quad \text{Equação 6.7}$$

Sujeito às restrições:

$$Q_{o_j} \geq 0$$

$$Q_{e_j} \geq Q_{r_j}$$

Onde:

Q_{e_j} – Vazão efluente no exutório da UGH;

QI_j – Vazão incremental da UGH;

K – Percentagem outorgável da vazão de referência;

$Q_{e(j-1)}$ – Vazão efluente no exutório da UGH imediatamente a montante;

Q_{o_j} – Vazão outorgável na UGH;

Q_{r_j} – Vazão de restrição a ser respeitada no exutório da UGH.

6.3.3.3. Utilização de uma mesma política de alocação, sobre a vazão incremental de cada unidade de gestão hídrica.

Fundamentos

A vazão de referência é a vazão incremental de cada unidade de gestão hídrica, ou seja, considera-se que a água outorgável é uma parcela daquela que é produzida na própria UGH.

Via de regra, a riqueza de uma determinada região está diretamente associada com à quantidade de água disponível em seu território, e que, quanto mais bem distribuída, mais equânime será o desenvolvimento regional.

A utilização desse critério técnico, adotando como vazão de referência a água produzida na própria região, favorece uma mais justa distribuição do bem, induzindo possíveis compensações às regiões produtoras, como forma de outras regiões fazerem uso de uma quantidade complementar, em um processo de negociação que poderá dar-se no âmbito do comitê da bacia hidrográfica.

Modelagem

Tem-se a seguinte função-objetivo:

Maximizar $Z = K$ (política de outorga)

Com base na premissa de alocação e na Figura 6.4:

$$Q_{e_j} = QI_j + Q_{e_{j-1}} - K * QI_j \quad \text{Equação 6.8}$$

$$Q_{o_j} = K * QI_j \quad \text{Equação 6.9}$$

Sujeito às restrições:

$$Q_o \geq 0$$

$$Q_{e_j} \geq Q_{r_j}$$

Onde:

QI_j – Vazão incremental na UGH;

K – Percentagem outorgável da vazão de referência;

$Q_{e_{j-1}}$ – Vazão efluente no exutório da UGH imediatamente a montante;

Q_o – Vazão outorgável na UGH;

Q_{e_j} – Vazão efluente no exutório da UGH;

Q_{r_j} – Vazão restritiva a ser respeitada no exutório da UGH.

6.3.4 - Critérios econômicos de alocação territorial

Na sequência, serão apresentados dois critérios econômicos para alocação de água. O primeiro critério é baseado na teoria macroeconômica do produto, que considera o valor adicionado na economia pela produção de um determinado bem ou conjunto de bens. Esta produção é função da quantidade adicional de água (fator de produção), assumindo-se que os demais fatores de produção são abundantes.

O segundo critério, com base na teoria microeconômica do consumidor, considera o grau de satisfação de um ou mais consumidores, decorrente da utilização de determinada quantidade de água, seja para consumo ou para a produção.

Para formulação e exemplificação dos dois critérios, adotaram-se a mesma bacia hipotética e a distribuição de vazões apresentadas na Figura 6.4.

6.3.4.1. Modelagem de alocação utilizando o valor adicionado

Supõe-se que todos os fatores de produção, com exceção da água, são irrestritos. Conhecem-se, também, os preços dos fatores de produção e dos bens produzidos, sendo esses assumidos como constantes no tempo. Procura-se, então, maximizar o valor adicionado em função da água consumida em cada unidade de gestão hídrica, sujeitando-se a determinadas restrições.

Cada unidade de gestão hídrica possui sua respectiva equação de valor adicionado, na forma: $Y = a * x^b$. De certa forma, essa função representa a função de produção de Cobb-Douglas (Varian, 1992), descrita como:

$$VA = a \cdot Q_c^b$$

Equação 6.10

Onde:

VA – Valor adicionado;

a – Constante de ajuste para o VA;

b – Incremento de VA para cada unidade de vazão consumida;

Q_c – Vazão consumida na UGH;

Q_o – Vazão outorgável na UGH.

Considerando:

$$Q_c = Q_o$$

Tem-se a seguinte função-objetivo:

Maximizar $Z = VA$ (Valor agregado)

Pelas considerações iniciais de se outorgar apenas parte da água produzida na unidade de gestão, tem-se:

$$Q_{e_j} = QI_j + Q_{e_{j-1}} - Q_o$$

Equação 6.11

Sujeito às restrições:

$$Q_{o_j} \geq 0$$

$$Q_{e_j} \geq Q_{r_j}$$

Onde:

Q_{e_j} – Vazão efluente no exutório da UGH;

QI_j – Vazão incremental na UGH;

Q_o – Vazão outorgável na UGH;

$Q_{e_{j-1}}$ – Vazão efluente no exutório da UGH imediatamente a montante;

Q_{r_j} – Vazão restritiva a ser respeitada no exutório da UGH.

6.3.4.2. Modelagem de alocação utilizando a teoria da utilidade

A alternativa de se buscar maximizar a utilidade total, em função da água outorgável em cada unidade de gestão hídrica, não faz muito sentido. Mesmo supondo uma teórica identidade dos usuários dentro da UGH, a satisfação decorrente da aquisição de

uma unidade de água não pode ser comparada com a satisfação dos usuários de outra UGH. Não é possível comparar a utilidade que determinado bem proporciona a consumidores diferentes.

Assim, as utilidades proporcionadas às diversas regiões não podem ser somadas, para se buscar a utilidade máxima para o todo.

A maximização das utilidades em cada UGH será corretamente obtida por meio da troca de bens entre as regiões, ou seja, troca de água outorgável associada a diferentes riscos. Assim, busca-se a maximização da utilidade de uma unidade de gestão hídrica (UGH 1) condicionada à maximização da utilidade de outra região (UGH 2), sendo válida a recíproca. Nessa busca do equilíbrio geral de mercado, pode-se utilizar a caixa de Edgeworth, onde se processa o jogo de trocas de bens complementares, tentando obter uma situação de ótimo de Pareto, quando não existam restrições, que definam um segundo ótimo.

A função de utilidade da água incorporando o risco

Como demonstrado anteriormente, diante da oferta de duas quantidades de vazões de água, com diferentes probabilidades de ocorrência, o usuário não toma sua posição com base na esperança matemática das vazões, mais sim com base na esperança matemática da utilidade dessas vazões. É a partir da satisfação em obter um bem que se define a importância do mesmo.

Estabelece-se a equação que determina a esperança matemática da utilidade, que, como já definido, é a média ponderada das vazões (cada uma delas multiplicada pela probabilidade de sua ocorrência). Adotando-se “ q ” como símbolo genérico da vazão, no conceito de utilidade total e com base na função de utilidade de Von Neumann – Morgenstern (Figura 4.11) chega-se à seguinte equação:

$$E(U_t(q_1, q_2)) = P_1 * U(q_1) + P_2 * U(q_2) \quad \text{Equação 6.12}$$

Onde:

$E(U_t(q_1, q_2))$ – Esperança matemática da utilidade total.

Sendo:

q_1 – Vazão 1.

q_2 – Vazão 2.

$U(q_1)$ – Utilidade para a vazão q_1 .

$U(q_2)$ – Utilidade para a vazão q_2 .

P_1 – Probabilidade de ocorrência da vazão q_1 .

P_2 – Probabilidade de ocorrência da vazão q_2 .

Frente a oferta de dois bens, o consumidor busca:

$$\text{Maximizar } E(U(q_1, q_2)) = Z$$

Sujeito à riqueza total (R):

$$R = p_1 * q_1 + p_2 * q_2 \quad \text{Equação 6.13}$$

Onde:

R – Riqueza da região.

p_1 – Preço associado à vazão q_1 .

p_2 – Preço associado à vazão q_2 .

q_1 – Vazão 1.

q_2 – Vazão 2.

Como primeiro passo na busca da otimização da utilidade total, deriva-se a Equação 6.12, em função de q_1 e q_2 , tendo-se:

$$\frac{\partial E(U(q_1, q_2))}{\partial q_1 \partial q_2} = u'(q_1) * P_1 + u'(q_2) * \left(\frac{dq_2}{dq_1} \right) * P_2 \quad \text{Equação 6.14}$$

Da Equação 6.13 tem-se:

$$q_2 = R - \frac{p_1 * q_1}{p_2} \quad \text{Equação 6.15}$$

A esperança da utilidade total é máxima, quando sua derivada primeira é igual a zero, ou seja:

$$u'(q_1) * P_1 + u'(q_2) * \left(\frac{dq_2}{dq_1} \right) * P_2 = 0 \quad \text{Equação 6.16}$$

Onde:

$u'(q_1)$ - Utilidade marginal para vazão q_1 .

$u'(q_2)$ - Utilidade marginal para vazão q_2 .

Derivando a Equação 6.15 em função de q_1 , tem-se:

$$\frac{dq_2}{dq_1} = -\frac{p_1}{p_2} \quad \text{Equação 6.17}$$

Substituindo a Equação 6.17 na Equação 6.16, tem-se:

$$\frac{\partial E(U(q_1, q_2))}{\partial q_1 \partial q_2} = u'(q_1) * P_1 - \frac{p_1}{p_2} * u'(q_2) * P_2 = 0 \quad \text{Equação 6.18}$$

Portanto:

$$\frac{u'(q_1)}{u'(q_2)} = \frac{p_1}{p_2} * \frac{P_2}{P_1} \quad \text{Equação 6.19}$$

A Equação 6.19 é uma generalização da Equação 4.7, para ambiente de incerteza, mostrando que nesses casos, a relação entre as utilidades marginais das vazões é diretamente proporcional aos seus preços, e inversamente proporcional às suas probabilidades de ocorrência.

Curvas de indiferença para vazões associadas a risco

As curvas de indiferença, no caso de dois bens associados a riscos, representam os pontos de mesma esperança matemática da utilidade. No caso estudado, diferentes pares de (q_1, q_2) , que levem à mesma esperança da utilidade total, encontram-se localizadas em uma mesma curva de indiferença.

O procedimento a ser empregado neste trabalho parte da curva de utilidade total, para a construção das curvas de indiferença. Com base na Equação 6.12, buscam-se os pontos que definem uma mesma utilidade total, e, por consequência, uma mesma esperança matemática da utilidade total:

$$E(Ut(q_1, q_2)) = P_1 * U_1(q_1) + P_2 * U_2(q_2) = \text{constante} \quad \text{Equação 6.20}$$

Para a construção dessas curvas, fixa-se certo nível de satisfação (esperança da utilidade), procurando um conjunto de pontos $(q_1; q_2)$, com as respectivas probabilidades de ocorrência $(P_1; P_2)$, que atenda a Equação 6.20, para o valor fixado. Variando a esperança da utilidade e , repetindo o procedimento, tem-se outra curva, e, assim sucessivamente. A construção dessas curvas será essencial para a negociação de água entre regiões.

A Figura 6.5 apresenta curvas de indiferença para distintos níveis de satisfação, construídas com base na equação precedente. Pelo exposto, fica evidenciado que, por representar cada uma um determinado nível de satisfação, elas nunca se interceptam.

As curvas de indiferença, qualquer que seja o bem considerado como variável independente, são funções estritamente decrescentes, com derivada primeira negativa e derivada segunda positiva.

Todos os pares ordenados do plano pertencem a uma e somente uma curva de indiferença, pois uma mesma combinação de consumo entre dois bens não pode apresentar dois níveis de satisfação ao consumidor.

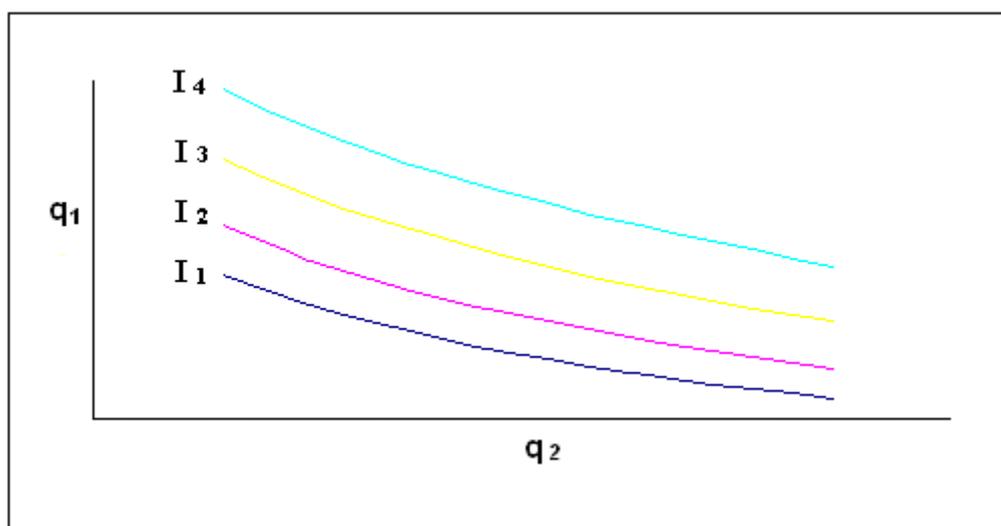


Figura 6.5 - Curvas de indiferença para duas variáveis.

O Consumidor elementar

Na sequência do desenvolvimento deste trabalho, faz-se necessário definir um conceito importante nas negociações da água, qual seja o do consumidor elementar. Esse é um consumidor fictício, que atua em uma região homogênea, com determinada reação de satisfação (utilidade), frente ao consumo de certa quantidade de um bem (no caso, água com determinado risco).

Os consumidores elementares dessa região homogênea reagem de forma idêntica (mesma curva de utilidade) e, com base nesse conceito, é correto somar as utilidades individuais, para se ter o nível de satisfação (utilidade) regional. Todos eles são sempre aquinhoados com a mesma quantidade de água, portanto, a soma dessas quantidades resulta na vazão outorgada à região.

Como referência relativa, adota-se que o consumidor elementar tem uma utilidade um, quando é outorgado com uma vazão elementar (Q_{ei}). Essa vazão, em princípio, pode ter qualquer valor, mas está associada ao nível de risco ($1 - P_I$), associado à vazão Q_{o1} . Por facilidade, ao final das deduções, a vazão será adotada como 1.

Outro consumidor elementar, de outra região homogênea, distinta da primeira, também pode ser caracterizado de forma semelhante, e, por facilidade, pode-se adotar a mesma vazão elementar para todas as regiões. Entretanto, não se pode esquecer que as utilidades elementares (U_e) só podem ser somadas dentro da mesma região, não podendo ser somadas utilidades de consumidores elementares de regiões distintas.

A vantagem de se trabalhar com o consumidor elementar é que se podem comparar os comportamentos de consumidores elementares de diferentes regiões, analisando, por exemplo, a maior ou menor propensão a risco.

A Figura 6.6 apresenta duas regiões e seus respectivos consumidores elementares.

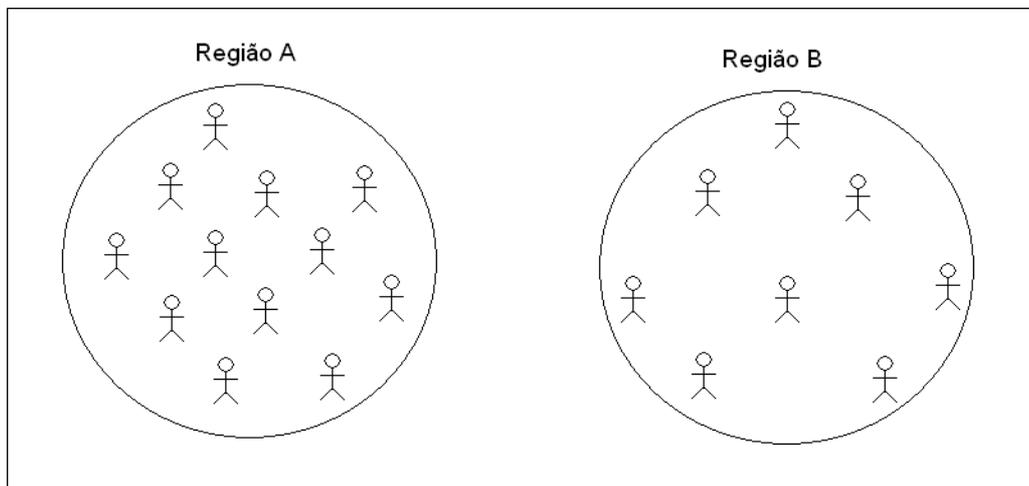


Figura 6.6 - Consumidores elementares de duas regiões homogêneas distintas.

A Figura 6.7 e a Figura 6.8 apresentam as curvas de utilidade elementar para as regiões A e B, considerando que:

$$Q_{el} = Q_{el A} = Q_{el B}$$

Equação 6.21

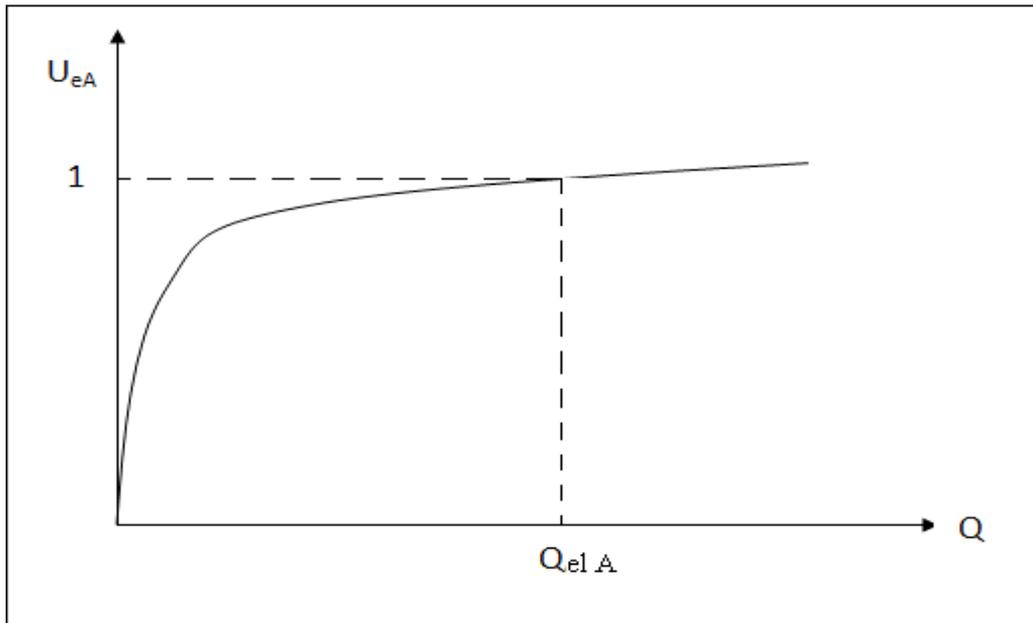


Figura 6.7 -Curvas de utilidade elementar para a região A.

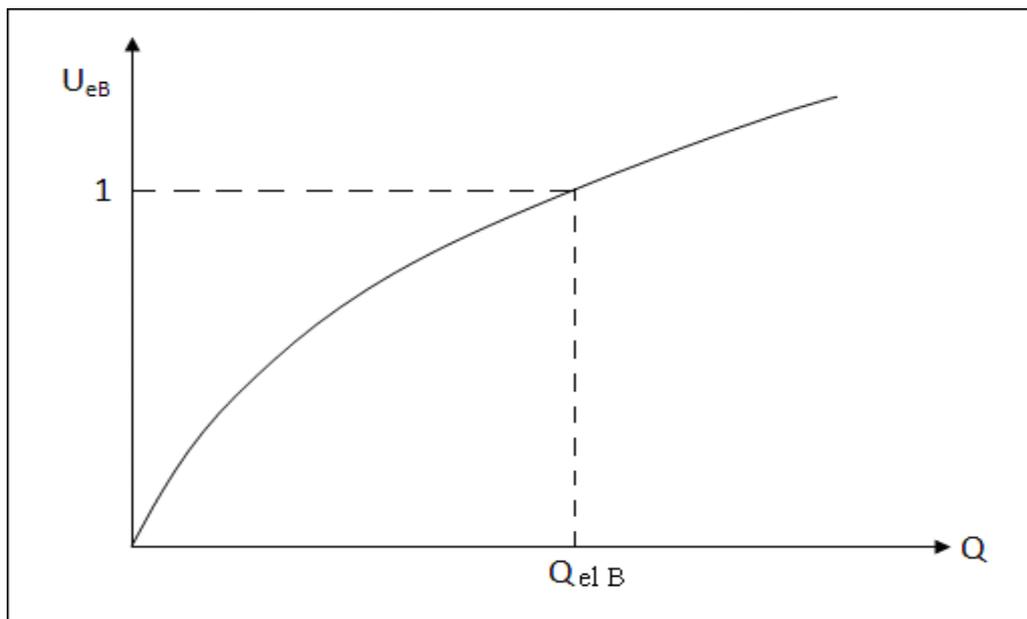


Figura 6.8 - Curva de utilidade elementar para a região B.

Poder-se-ia se trabalhar de forma diferente, considerando uma região como sendo representada por um único consumidor equivalente. Nesse caso, a comparação comportamental entre as regiões seria possível, mas menos evidente.

Embora não seja a única opção, adotou-se uma função de utilidade para a água do tipo Cobb-Douglas (Varian, 1992). Como se considera apenas um bem consumido (água), a função é simplificada, tornando-se uma exponencial, conforme segue:

$$U(Q) = \alpha \cdot Q^\beta \quad \text{Equação 6.22}$$

Onde:

α e $\beta \rightarrow$ Constantes

$$0 < \beta < 1$$

As constantes α e β serão calculadas em função das características regionais, conforme a sequência do desenvolvimento do trabalho.

Pode-se determinar α , substituindo o ponto ($U_{el}=1$), conforme definição do consumidor elementar:

$$1 = \alpha \cdot Q_{el}^\beta \quad \text{Equação 6.23}$$

$$\alpha = \frac{1}{Q_{el}^\beta} \quad \text{Equação 6.24}$$

O Consumidor equivalente regional

Cada região tem um número de consumidores elementares (N), dado pela relação entre a vazão outorgável, com probabilidade P_l , (Q_{ol}), e a vazão elementar (Q_{el}).

Assim:

$$N = \frac{Q_{ol}}{Q_{el}} \text{ (número de consumidores elementares da região)} \quad \text{Equação 6.25}$$

Cada uma dessas regiões possui sua função de utilidade equivalente (U_{eq}), como se fora referente à satisfação de um só consumidor. As utilidades equivalentes estão relacionadas com as respectivas vazões outorgadas.

A utilidade equivalente, para certa vazão Q_o , é o produto do número de consumidores elementares pela utilidade elementar correspondente à parcela de Q_o que cabe a cada um desses consumidores, que é Q_o dividido por N. Assim, a utilidade equivalente é em função de (Q_o/N):

$$U_{eq}(Q_o) = N \cdot U_{el}(Q_o / N) \quad \text{Equação 6.26}$$

Trabalhando com as Equação 6.22, Equação 6.24 e Equação 6.25, tem-se:

$$U_{eq}(Q_o) = N \cdot \alpha (Q_o / N)^\beta$$

$$U_{eq}(Q_o) = \frac{N \cdot (Q_o / N)^\beta}{Q_{el}} \quad \text{Equação 6.27}$$

$$U_{eq}(Q_o) = \frac{\left(\frac{Q_{o1}}{Q_{el}}\right) \left(\frac{Q_o}{N}\right)^\beta}{Q_{el}^\beta}$$

$$U_{eq}(Q_o) = \frac{\left(\frac{Q_{o1}}{Q_{el}}\right) (Q_o / Q_{o1} / Q_{el})^\beta}{Q_{el}^\beta}$$

$$U_{eq}(Q_o) = \left(\frac{Q_{o1}}{Q_{el}}\right) (Q_o / Q_{o1} / Q_{el} / Q_{el})^\beta$$

$$U_{eq}(Q_o) = \frac{Q_{o1}}{Q_{el}} \left(\frac{Q_o}{Q_{o1}}\right)^\beta \quad \text{Equação 6.28}$$

Na Equação 6.28, função de utilidade do consumidor equivalente, o coeficiente β adotado é o mesmo da função de utilidade do consumidor elementar da respectiva região.

A Figura 6.9 e a Figura 6.10 apresentam as respectivas funções de utilidade equivalentes para as regiões A e B.

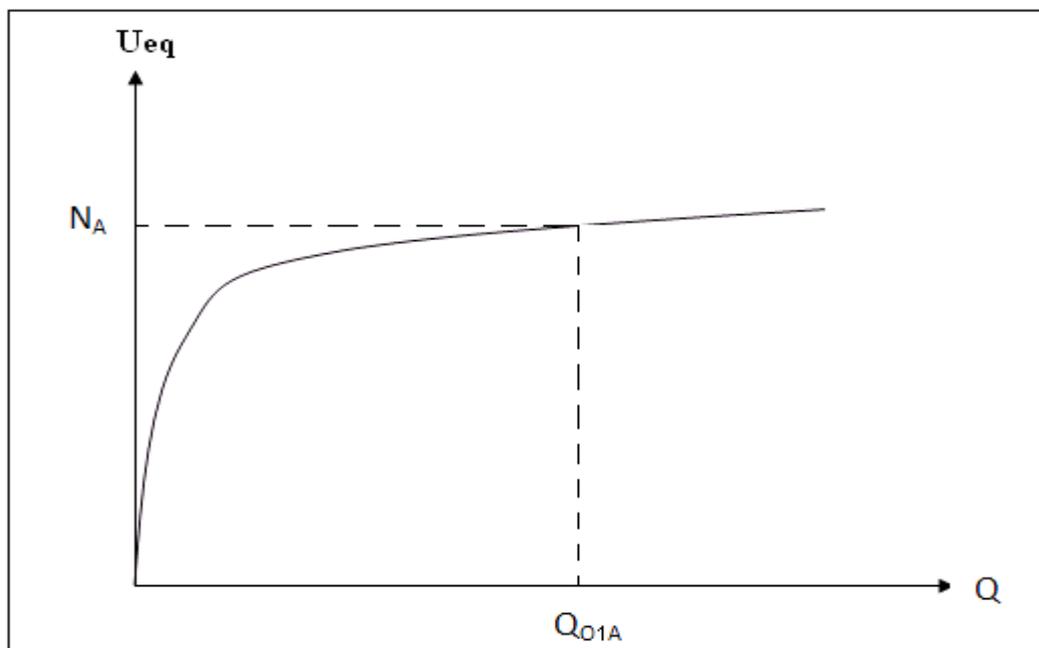


Figura 6.9 - Curva de utilidade equivalente para a região A.

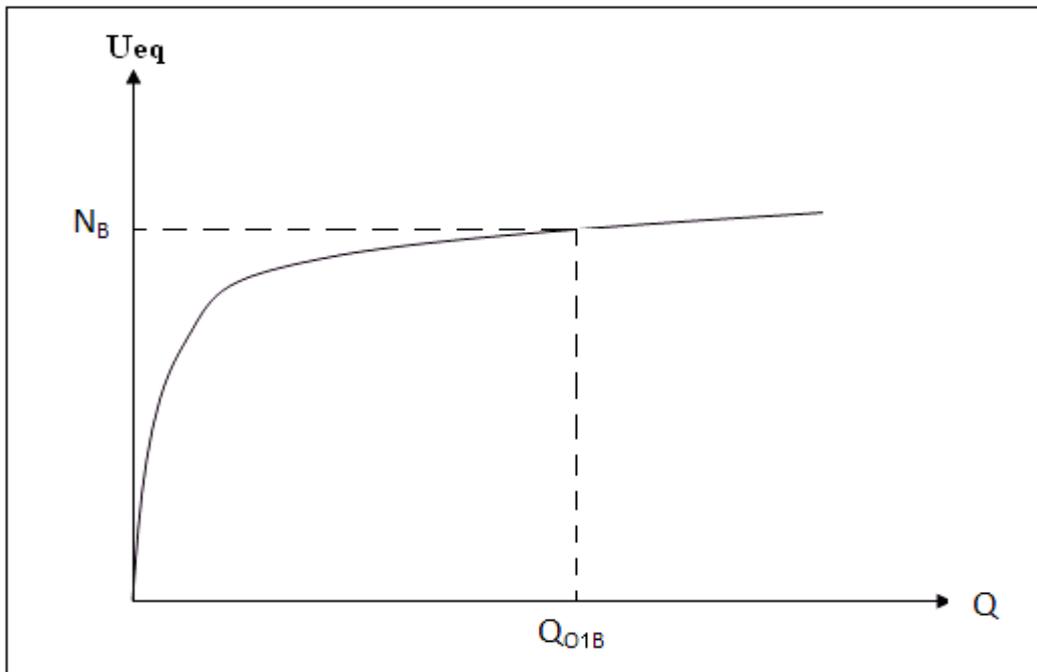


Figura 6.10 - Curva de utilidade equivalente para a região B.

Determinação do β

Apresenta-se, aqui, uma maneira de se avaliar o coeficiente β da curva de utilidade de um consumidor elementar, que é o mesmo da curva de utilidade equivalente. Para tanto, como será demonstrado para uma determinada região, basta conhecer a relação de preços para os dois níveis de vazões outorgáveis.

Essa análise pode ser feita de duas maneiras: não considerando a incerteza das vazões, que é o mesmo que tê-las com o mesmo risco, ou considerando as incertezas, com vazões associadas a diferentes riscos. Os dois casos serão modelados na sequência, não se considerando, primeiramente, as vazões com riscos associados.

A função utilidade marginal é obtida, derivando-se a Equação 6.22, função de utilidade de uma determinada vazão (Q), em relação à (Q):

$$u'(Q) = \alpha * \beta * (Q)^{(\beta-1)} \quad \text{Equação 6.29}$$

Considerando duas quantidades do bem água (vazões Q_{01} e Q_{02}), busca-se, então, estabelecer uma relação entre as suas respectivas utilidades marginais. Para isso, substituem-se os bens (Q_{01} e Q_{02}) na Equação 6.29, para se estabelecer a utilidade marginal associada a cada bem.

É importante salientar que, nesta parte do texto, as notações Q_{01} e Q_{02} nada têm a ver com a notação dominante, onde Q_{01} está associado à probabilidade P_1 e Q_{02} à probabilidade P_2 . São apenas dois níveis de vazão outorgadas e independentes, com o mesmo (ou nenhum) risco.

Para a vazão 1:

$$u'(Q_{01}) = \alpha * \beta * (Q_{01})^{(\beta-1)} \quad \text{Equação 6.30}$$

Para a vazão 2:

$$u'(Q_{02}) = \alpha * \beta * (Q_{02})^{(\beta-1)} \quad \text{Equação 6.31}$$

Da Equação 4.7, tem-se:

$$\frac{\alpha * \beta * (Q_{01})^{(\beta-1)}}{\alpha * \beta * (Q_{02})^{(\beta-1)}} = \frac{p_1}{p_2}$$

$$\frac{(Q_{01})^{(\beta-1)}}{(Q_{02})^{(\beta-1)}} = \frac{p_1}{p_2}$$

$$\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}} \right)^{(\beta-1)} = \frac{p_1}{p_2} \quad \text{Equação 6.32}$$

Da Equação 6.32, como os dois lados da expressão são positivos, pode-se aplicar o logaritmo neperiano com intenção de isolar a constante β , conforme se segue:

$$\ln \left[\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}} \right)^{(\beta-1)} \right] = \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

$$(\beta-1) * \ln \left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}} \right) = \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

$$(\beta-1) = \frac{\ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)}{\ln \left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}} \right)}$$

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} + 1 \quad \text{Equação 6.33}$$

A Equação 6.33 é de suma importância para cenarização e estudos de sensibilidade, auxiliando a negociação entre as partes.

A relação de preços pode ser obtida por entrevistas com os usuários, com base em cenários econômicos, ou, simplesmente, testando-a como um instrumento de análise de sensibilidade. Observe-se que não se necessita dos preços dos produtos envolvidos na negociação, mas, apenas, a relação entre eles.

Para evitar cenarizações inconsistentes, faz-se uma análise de factibilidade, considerando que $0 < \beta < 1$, assim:

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} > -1 \quad \text{Equação 6.34}$$

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} < 0 \quad \text{Equação 6.35}$$

Para se atender o que foi descrito na Equação 6.34 e Equação 6.35, deve-se observar as três situações:

- 1° Caso: $Q_{01} = Q_{02} \rightarrow$ Não é factível, pois o denominador seria nulo. O significado disso é que não se teriam dois pontos, mas apenas um único;
- 2° Caso: $Q_{01} > Q_{02} \rightarrow$ Nesse caso, p_1 tem de ser menor que p_2 . Isso é lógico, pois indica uma escassez relativa de Q_{02} , elevando seu preço;
- 3° Caso: $Q_{01} < Q_{02} \rightarrow$ É o caso simétrico ao anterior, exigindo que p_1 seja maior que p_2 , refletindo a escassez de Q_{01} .

Analisando as situações apresentadas, verifica-se que a relação de logaritmos da Equação 6.34 e Equação 6.35 é sempre negativa. Portanto, deve-se atender apenas a premissa de ser maior que (-1).

Em uma região com certa vazão de referência, a política de outorga pode determinar dois “ k ” outorgáveis, resultando em duas vazões distintas. Se a política de

outorga disponibiliza mais água, o preço respectivo cai relativamente à decisão de outorgar menos água.

Seja agora a situação em condições de incerteza, isto é, vazões associadas a riscos. A Figura 6.11 apresenta uma representação gráfica das utilidades para duas vazões, Q_{01} e Q_{02} , considerando a permanência de cada uma delas no tempo, isto é, a probabilidade de não ocorrer falha no atendimento.

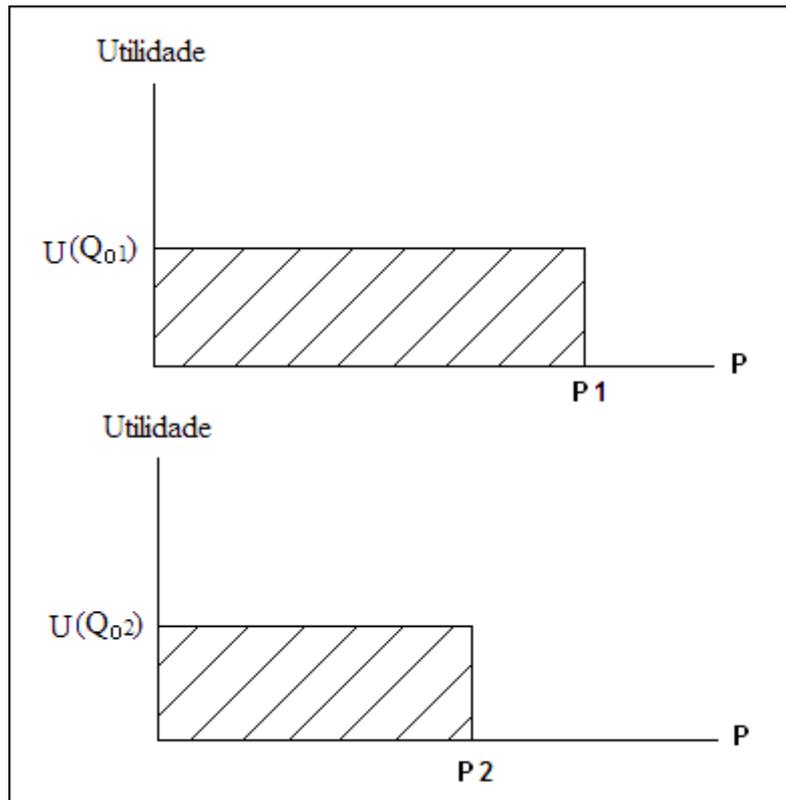


Figura 6.11 -Utilidades relativas às permanências das vazões.

Analisando dois produtos, bem 1 e bem 2, considerando as incertezas, substituem-se as suas respectivas utilidades marginais na Equação 6.19, tendo-se:

$$\frac{\alpha * \beta * (Q_{01})^{(\beta-1)}}{\alpha * \beta * (Q_{02})^{(\beta-1)}} = \frac{p_1}{p_2} * \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{(Q_{01})^{(\beta-1)}}{(Q_{02})^{(\beta-1)}} = \frac{p_1}{p_2} * \frac{P_2}{P_1}$$

$$\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}} \right)^{(\beta-1)} = \frac{p_1}{p_2} * \frac{P_2}{P_1}$$

Equação 6.36

Sabendo que a Equação 6.36 possui apenas um valor de β e que os dois lados da expressão são positivos, pode-se aplicar o logaritmo neperiano:

$$\begin{aligned} \ln\left[\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)^{(\beta-1)}\right] &= \ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right) \\ (\beta-1) * \ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right) &= \ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right) \\ (\beta-1) &= \frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} \\ \beta &= \frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} + 1 \end{aligned} \tag{Equação 6.37}$$

Também, nesse caso, para evitar cenarizações inconsistentes, faz-se uma análise de factibilidade, considerando que $0 < \beta < 1$, assim:

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} > -1 \tag{Equação 6.38}$$

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} < 0 \tag{Equação 6.39}$$

Para se atender o que foi descrito na Equação 6.38 e na Equação 6.39, deve-se observar as três situações colocadas apresentadas a seguir:

- 1º Caso: $Q_{01} = Q_{02} \rightarrow$ Não é factível, pois o denominador seria nulo. O significado disso é que não se teria dois pontos, mas apenas um único;
- 2º Caso: $Q_{01} > Q_{02} \rightarrow$ Nesse caso, a relação p_1/P_1 tem de ser menor que p_2/P_2 . Isso é lógico, pois indica uma escassez relativa de Q_{02} , considerando

sua indisponibilidade, elevando seu preço. Ou, de outra forma, p_2/p_1 tem de ser menor que P_2/P_1 ;

- 3º Caso: $Q_{01} < Q_{02} \rightarrow$ É o caso simétrico ao anterior, exigindo que p_1/P_1 seja maior que p_2/P_2 , refletindo a escassez de Q_{01} , considerando sua disponibilidade.

Conforme as situações apresentadas verifica-se que a relação de logaritmos da Equação 6.38 e Equação 6.39 é sempre negativa. Portanto, deve atender apenas a premissa de ser maior que (-1).

Fazendo uma análise semelhante à anterior, o preço se refere não à quantidade outorgada, mas, sim, à esperança de se ter a água outorgada.

Considerando que a relação de logaritmos tem de ser maior que (-1), tem-se:

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} > -1$$

$$-\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right) > \ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)$$

$$\ln\left(\frac{Q_{02}}{Q_{01}}\right) > \ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)$$

$$\left(\frac{Q_{02}}{Q_{01}}\right) > \left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)$$

$$\frac{p_2}{p_1} > \frac{Q_{01} \cdot P_2}{Q_{02} \cdot P_1}$$

Equação 6.40

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} < 0$$

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}}{Q_{02}}\right)} < 0$$

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 P_1}\right)}{-1 * \ln\left(\frac{Q_{02}}{Q_{01}}\right)} < 0$$

$$\frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{02}}{Q_{01}}\right)} > 0$$

$$0 < \ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 P_1}\right)$$

$$1 < \left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 P_1}\right)$$

$$\frac{p_2}{p_1} < \frac{P_2}{P_1}$$

Equação 6.41

6.4 - NEGOCIAÇÃO INTERREGIONAL DE ÁGUA

Inicialmente, para facilitar o desenvolvimento da metodologia, parte-se de um modelo de negociação com apenas duas regiões envolvidas, 1 e 2. Entretanto, a negociação entre maior número de regiões pode ser considerada como uma série de negociações bilaterais, entre essas regiões. Deve-se, entretanto, buscar estratégias de convergência, estabelecendo uma sequência de acordos bilaterais adequada.

6.4.1 - O equilíbrio de Nash e o ótimo de Pareto na negociação de água

É possível a realização de trocas de direitos outorgáveis entre regiões, tendo como base dois bens: vazão com maior risco e vazão com menor risco. Ambas as vazões são obtidas a partir da curva de permanência, definidas previamente para a unidade de gestão hídrica e vislumbra-se que poderão ser definidas por meio de proposta do comitê de bacia e

aprovada pelo respectivo conselho de recursos hídricos. No desenvolvimento deste trabalho, optou-se por escolher as vazões de referência Q_{95} , como a de menor risco, e Q_{80} , como a de maior risco associado.

Tendo um ponto qualquer como referência, dentro da região de vantagem mútua, conforme apresentado na caixa de Edgeworth, um determinado movimento pretendido por um dos consumidores pode resultar em ganho, perda ou indiferença para o outro consumidor. Para estabelecer o equilíbrio geral, é necessária a realização de trocas baseada na busca de vantagem mútua para os agentes. Graças ao mecanismo de mercado, é que dois agentes poderão atingir níveis de satisfação iguais ou superiores àqueles que teriam obtido consumindo somente os bens que detinham inicialmente.

Há de se lembrar que o ponto inicial, correspondente à riqueza hídrica de cada uma das duas regiões, representa um equilíbrio de Nash, posto não ser possível melhora alguma para qualquer das regiões, caso não haja trocas compensadas entre elas.

Conforme discutido anteriormente, a partir do ponto inicial, os movimentos se processam segundo a lógica do equilíbrio de Nash, buscando o ponto possível de maior ganho para ambos, conhecido como Ótimo de Pareto.

6.4.2 - Determinação das curvas de indiferença para cada região

Neste ponto, é válido diferenciar a vazão outorgável, oriunda da política pública, que passa a ser notada por (Q^{\bullet}_o) , da vazão efetivamente outorgável, resultante das trocas, que permanece como (Q_o) .

Como demonstrado anteriormente, uma região está indiferente em relação a dois bens, no caso vazões, quando a satisfação é mantida com a variação das quantidades dos mesmos. A partir da Equação 6.20 e 6.28, pode-se construir uma curva de indiferença, variando Q_{o1} e Q_{o2} , conforme se apresenta:

$$E(U(Q_{o1}, Q_{o2})) = P_1 * U(Q_{o1}) + P_2 * U(Q_{o2}) = \text{constante}$$

$$U(Q_{o1}) = \frac{Q^{\bullet}_{o1}}{Q_{el}} \left(\frac{Q_{o1}}{Q^{\bullet}_{o1}} \right)^{\beta}$$

$$U(Q_{o2}) = \frac{Q^{\bullet}_{o2}}{Q_{el}} \left(\frac{Q_{o2}}{Q^{\bullet}_{o2}} \right)^{\beta}$$

$$Q_{el} = 1$$

$$P_1 \cdot Q_{o1} \left(\frac{Q_{o1}}{Q_{o1}^*} \right)^\beta + P_2 \cdot Q_{o1} \left(\frac{Q_{o2}}{Q_{o1}^*} \right)^\beta = \text{constante} \quad \text{Equação 6.42}$$

Aplicando-se a Equação 6.42, obtêm-se as curvas de indiferença para as duas regiões A e B, que devem ser construídas dentro da Caixa de Edgeworth, utilizando-se dois conjuntos de eixos ordenados, colocados de forma oposta, conforme já apresentado anteriormente. A distância entre os eixos verticais é a soma das vazões Q_{o1}^* da região A, com Q_{o1}^* da região B. A distância entre os eixos horizontais é a soma das vazões Q_{o2}^* da região A com Q_{o2}^* da região B, conforme apresentado na Figura 6.12.

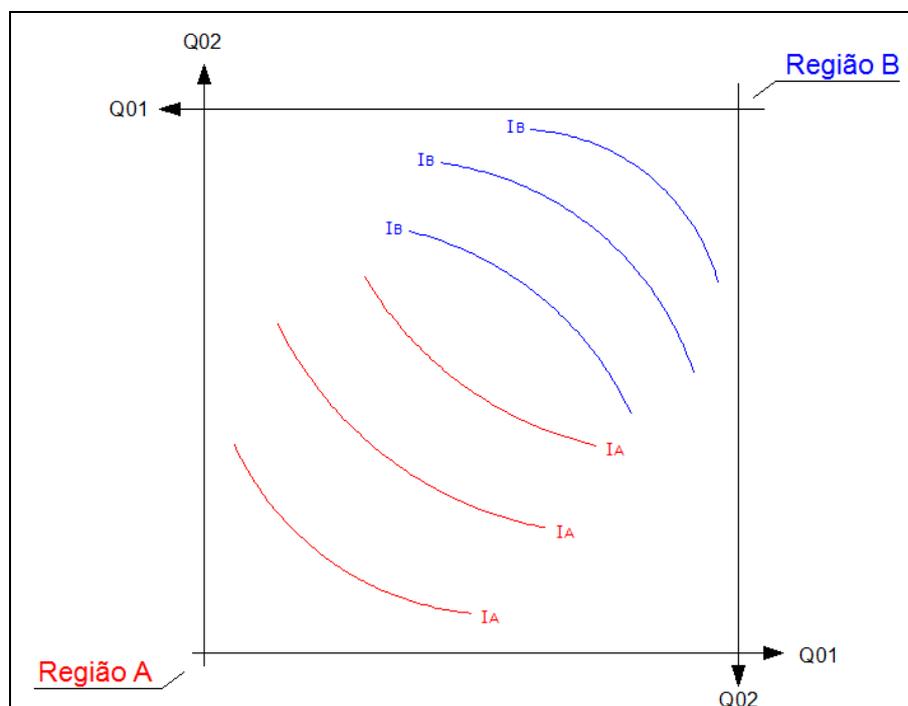


Figura 6.12 - Curvas de indiferença de A e B na caixa de Edgeworth.

6.4.3 - Mecanismos de busca do ponto ótimo de negociação

Para determinação do ponto ideal de troca, apresenta-se um modelo gráfico e um modelo de busca computacional.

O conceito fundamental é que não se busca o máximo ganho de um, de outro ou da soma dos dois. O que se busca é a melhora contínua para ambos os agentes, até se encontrar um ponto em que isso não seja mais possível, pois a melhora para um resultaria em perda para outro.

6.4.3.1. Método gráfico de busca

O método gráfico tem base no traçado das curvas de indiferença de ambos os usuários, considerando como a melhor situação o ponto onde a reta, que passe pelo ponto inicial (P), corte a curva de contrato, e, nesse ponto (O), seja tangente às respectivas curvas de indiferença, conforme a Figura 6.13.

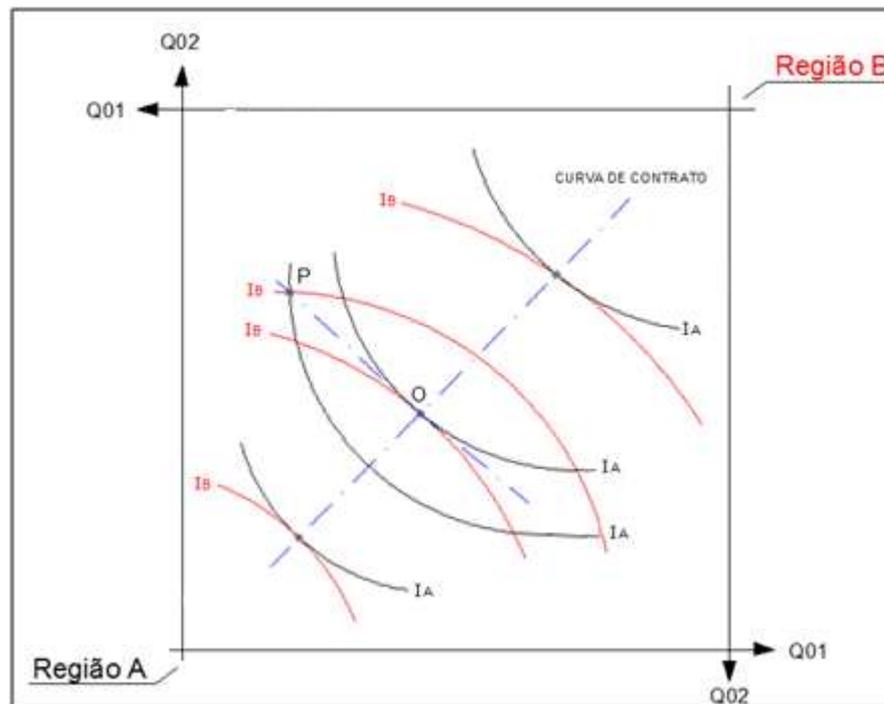


Figura 6.13–Método gráfico de busca.

6.4.3.2. Método computacional de busca

O método computacional parte de um determinado ponto, com os valores iniciais dos produtos de cada uma das regiões, onde se interceptam curvas de indiferença dos dois usuários. A partir de trocas incrementais, vai-se permitindo aos agentes, de maneira alternada, melhorar suas posições.

O método computacional reproduz o algoritmo a seguir apresentado, com base nas indicações apresentadas na Figura 6.14:

- 1- Parte-se de um ponto inicial M;
- 2- A área de busca está situada entre as curvas de indiferença que passam pelos pontos M e N;
- 3- Inicialmente, o consumidor A fica com a esperança da utilidade fixada;

- 4- Dá-se um incremento negativo em Q_{02} , compensando-o com aumento em Q_{01} ;
- 5- Calcula-se qual seria o novo Q_{01} para se manter inalterada a esperança para A, chegando-se ao novo ponto (1).
- 6 - Parte-se para uma redução do Q_{01} de B, compensando com um aumento de Q_{02} ;
- 7- Busca-se qual será o novo valor de Q_{02} para manter inalterada a esperança da utilidade de B, que corresponde ao ponto (2);
- 8 - Volta-se ao passo 4, e, assim por diante, até se chegar a um ponto de convergência, representado pelo ponto (O), em que as curvas de indiferença dos dois consumidores são tangentes e a partir do qual a utilidade total de um deles não pode melhorar sem que piore a utilidade do outro.

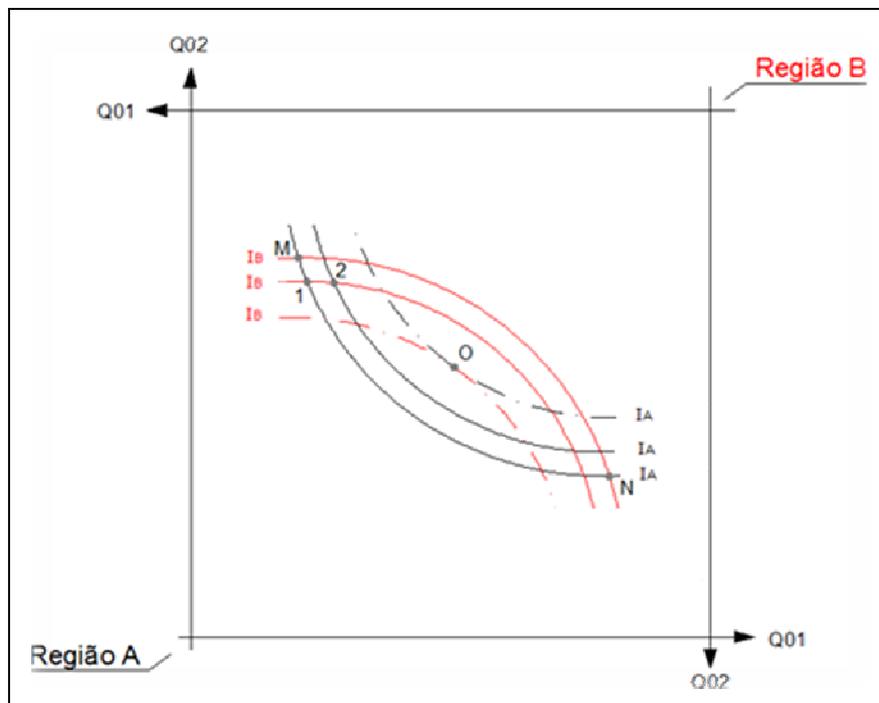


Figura 6.14 -Método computacional de busca.

A sequência de pontos será: M, 1, 2, 3,... O e o processo será tanto mais refinado, quanto menor for a quantidade das vazões oferecidas para as trocas.

6.4.4 - Incorporação de restrições na permuta de bens

Até então, tanto por modelagem gráfica, quanto computacional, a busca pelo ponto ótimo se dá para todas as proporções dos bens, ou seja, busca-se o ponto ótimo não levando em conta possíveis restrições. Essas restrições se referem às vazões nos exutórios

das áreas em negociação. Mas, há de se lembrar que essas áreas não são as únicas a impor restrições à negociação. As áreas intermediárias (i), entre a negociante de montante (m) e a negociante de jusante (j), também têm de ter respeitadas as limitações em seus exutórios.

A Figura 6.15 apresenta um esquema, destacando a região de montante (m), de jusante (j) e as intermediárias, denominadas genericamente (i).

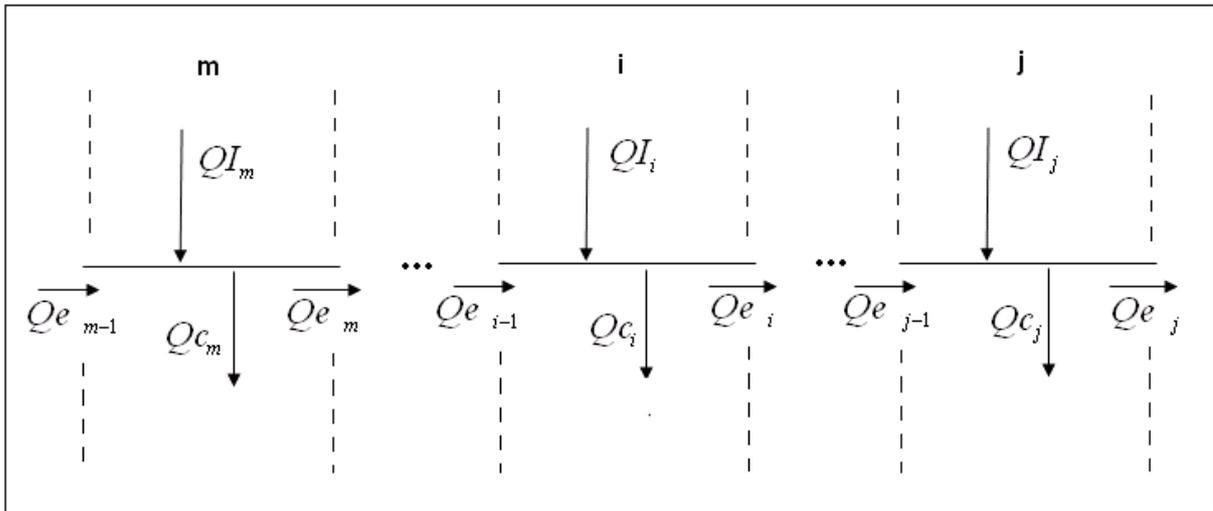


Figura 6.15 - Regiões de montante, jusante e intermediárias.

Onde:

Qe -vazão do exutório da região

Qr -vazão de restrição no exutório

QI -vazão incremental da região

Qc -vazão consumida na região

Assim, têm-se as seguintes restrições:

$$Qe_m \geq Qr_{m_m}$$

$$Qe_i \geq Qr_{i_m}$$

$$Qe_j \geq Qr_{j_m}$$

Sendo:

$$Qe_m = Qe_{m-1} + QI_m - Qc_{m_m}$$

$$Qe_i = Qe_{i-1} + QI_i - Qc_{i_m}$$

$$Qe_j = Qe_{j-1} + QI_j - Qc_{j_m}$$

Dessas equações, verifica-se que a vazão nos exutórios, desde que seja respeitada a vazão de restrição, define a quantidade máxima de água a ser consumida.

Portanto, mesmo que as unidades de gestão que estejam em negociação não sejam limítrofes, ao se obedecer a suas vazões de restrição, estará garantindo-se que não haverá qualquer prejuízo nas demais regiões.

Quando se usa o método gráfico, para busca do ponto ótimo de permuta, as restrições são representadas por retas, que definem áreas de infactibilidade. Assim, observando a Figura 6.16, a reta que parte do ponto inicial até o ponto ótimo pode ser entendida como o caminho de “melhora” das satisfações dos agentes. Esse caminho é interrompido ao se alcançar uma restrição. Nesse caso, encontra-se um “segundo ótimo”, que é esse ponto de interseção.

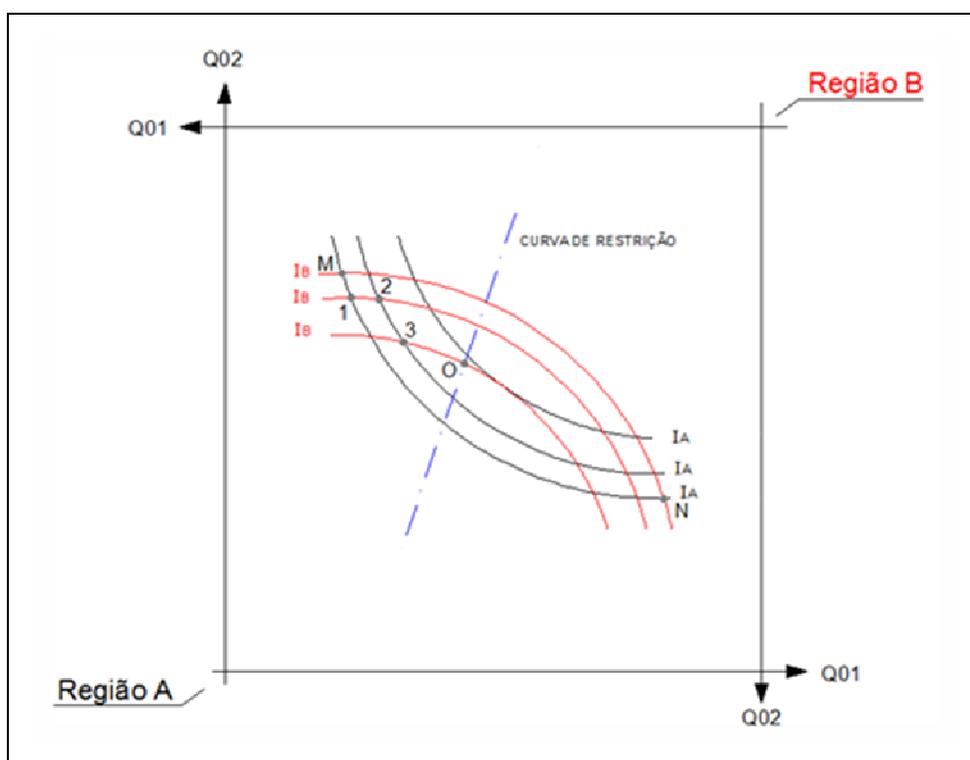


Figura 6.16 - Busca do ponto ótimo, com restrição.

No método computacional, as restrições são verificadas a cada incremento, estacando-se o processo de otimização logo que se rompa uma delas, devendo ser verificadas as duas condições de risco adotadas, no caso deste trabalho, de 95% e de 80%.

6.5 - A OUTORGA NO ÂMBITO DA ALOCAÇÃO COM BASE NA TEORIA DA UTILIDADE

A questão apresentada neste subitem é discutir sobre a aplicabilidade do modelo proposto. Esse item se divide em duas partes, que buscam ilustrar formas de aplicação da modelagem.

A primeira parte tece comentários sobre a outorga, dentro de uma UGH, que recebeu uma determinada alocação de água, com garantias de 95% e 80%. A segunda parte apresenta um método de controle da outorga, tendo como instrumento a lâmina imediatamente a jusante da seção de captação.

6.5.1 - A outorga de água condicionada à alocação de longo prazo

Para uma UGH qualquer são alocadas duas vazões. A espacialização dessas alocações consiste, de forma prática, nas outorgas que serão dadas no longo prazo. Essas outorgas devem, portanto, obedecer a critérios que respeitem as alocações definidas.

Serão utilizadas as vazões outorgáveis (Q_{o1} e Q_{o2}), que resultaram do processo de negociação entre as partes.

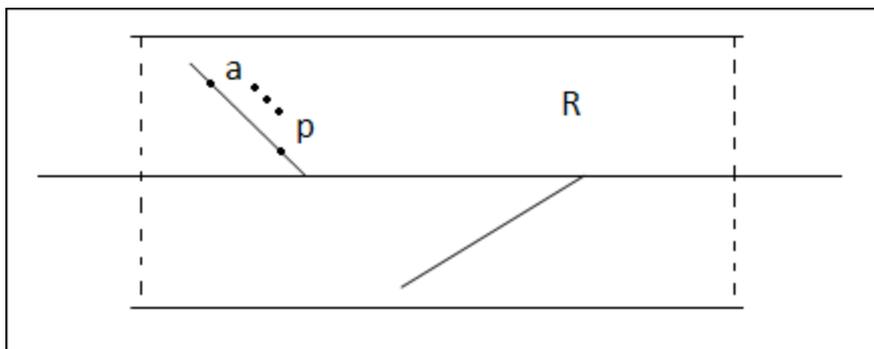


Figura 6.17 -Outorgas na UGRH (R).

A Figura 6.17 apresenta a região R com o curso d'água principal e seus afluentes. O ponto “a” é a primeira captação em um dos afluentes. Um critério, que não é único, para se estabelecer o limite outorgável nesse ponto é baseado na simples transposição de vazões, considerando a vazão específica da unidade de gestão e a área de drenagem contribuinte no ponto considerado:

$$q_o^R = \frac{Q_o^*}{A_d^R} \quad \text{Equação 6.43}$$

Assim, a vazão consumível em “a”, deve respeitar a Equação:

$$Q_c^a \leq q_o^R \cdot A_d^a \quad \text{Equação 6.44}$$

Sendo:

q_o^R - Vazão específica outorgável para a região R;

A_d^R - Área de drenagem da região R;

Q_o^* - Vazão outorgável para a região R;

Q_c^a - Vazão consumível no ponto “a”;

A_d^a - Área de drenagem a montante do ponto “a”.

Seja, agora, uma captação “p” a jusante de “a”, com outras captações intermediárias. A vazão máxima consumida nesse ponto depende não apenas da vazão outorgável, obtida por regionalização, mas, também, das outorgas conferidas a montante, conforme a equação:

$$Q_c^p \leq \left(q_o^R \cdot A_d^p - \sum_{j=a}^{(p-1)} Q_c^j \right) \quad \text{Equação 6.45}$$

Sendo:

Q_c^p - Vazão consumível no ponto “p”;

A_d^p - Área de drenagem a montante do ponto “p”;

$\sum_{j=a}^{(p-1)} Q_c^j$ - Somatório das vazões outorgadas do ponto “a” até o ponto “p-1”.

Pode-se aplicar as equações acima para o nível de garantia 95%, denotando-as com o subscrito 1, e com o nível de garantia 80%, com o subscrito 2.

A regra proposta não é a única, podendo haver critérios não-lineares (não associados à vazão específica). Porém, devem ser respeitadas as vazões máximas outorgáveis Q_{o1} e Q_{o2} , obtidas ao final do processo de negociação, no exutório da região “R” considerada.

6.5.2 - O controle das outorgas

Em qualquer modelo institucional, o controle das outorgas não tem sido uma tarefa simples. O principal problema está associado à dificuldade de se adotarem meios que permitam um efetivo monitoramento da vazão captada. O avanço dos sistemas de medição e transmissão de dados permite que se tenham controles sofisticados, que não seja apenas uma medição ou limitação de uma única vazão máxima outorgada. Podem-se estabelecer limites dinâmicos, em face de variações da vazão afluente, por exemplo.

Propõe-se, aqui, que o controle se dê, fundamentalmente, pela medição da lâmina d'água, imediatamente após o ponto de captação. Dentre outras vantagens, o critério de lâmina é aplicável a cursos d'água e pode ser perfeitamente adaptado para o caso de captação em reservatórios. Outra vantagem do controle proposto é de que o monitoramento e a fiscalização poderiam ser mais facilmente realizados, por meio de sistemas telemétricos.

Além desse parâmetro, deve-se ter um limite na capacidade de captação (máxima capacidade de bombeamento, por exemplo). Esse parâmetro também pode ser controlado por nível e não pela capacidade instalada.

A Figura 6.18 mostra uma seção em que estão destacadas as captações consuntivas, “ Q_{c1} ” e “ $Q_{c1}+Q_{c2}$ ”, associada às respectivas lâminas de água e vazões residuais.

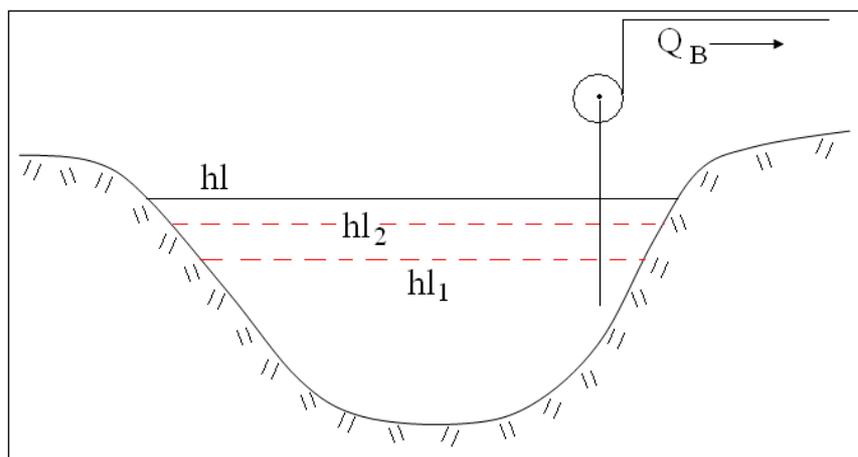


Figura 6.18 -Seção de captação.

Considerando um curso d'água, hl_1 corresponde à vazão remanescente quando a afluência natural é Q_{95} (95% de garantia), com um consumo total Q_{c1} , incluindo as vazões

outorgadas a montante e no próprio ponto de captação. Em termos matemáticos, considerando o ponto genérico “p”, e “f” sendo a função da curva chave, tem-se:

$$hl_1^p = f^{-1}(Q_{95}^p - \sum_{j=a}^p Q_{C1}^j) \quad \text{Equação 6.46}$$

Com hl_2 , adota-se a mesma lógica, aplicada à garantia 80%, tendo-se:

$$hl_2^p = f^{-1}\left[Q_{80}^p - \sum_{j=a}^p (Q_{C1}^j + Q_{C2}^j)\right] \quad \text{Equação 6.47}$$

Uma proposta de controle é que se limite a capacidade de bombeamento Q_B ao valor “ $Q_{o1}+Q_{o2}$ ”. Para qualquer lâmina d’água, hl , maior que hl_2 , a captação seria a máxima Q_B , que é “ $Q_{o1}+Q_{o2}$ ”. A partir do ponto em que se tenham lâminas menores que hl_2 , considerando o limite de bombeamento inalterado, o novo limite de lâmina passa a ser hl_1 , uma vez não ser mais possível atender à restrição de hl_2 com o bombeamento no máximo.

A Figura 6.19 ilustra o comportamento da afluência líquida no ponto “p”: Vazão natural menos os consumos de montante (Q_{liq}), vazão bombeada (Q_B) e lâmina d’água no ponto de controle (hl). Observe-se que, até à duração 80%, não há preocupação com o bombeamento máximo, pois a lâmina hl_2 é respeitada. A partir daí, a lâmina começa a ser inferior a hl_2 , mas é ainda superior a hl_1 . Mantém-se o bombeamento no máximo até uma duração intermediária, quando a lâmina alcança o valor hl_1 . A partir daí, tem-se de reduzir o bombeamento para se manter o limite da lâmina. O bombeamento vai caindo até a duração 95%, quando a lâmina se iguala a hl_1 e o bombeamento vai para Q_{C1} . A partir dessa duração, não se pode estabelecer regras operativas pré-definidas, uma vez ter-se atingido uma condição extrema e, portanto, sujeita às regras de racionamento de uso de água, conforme estabelece a lei.

O controle por lâmina tem a vantagem de ser um instrumento eficaz de controle, nos casos de estios intensos.

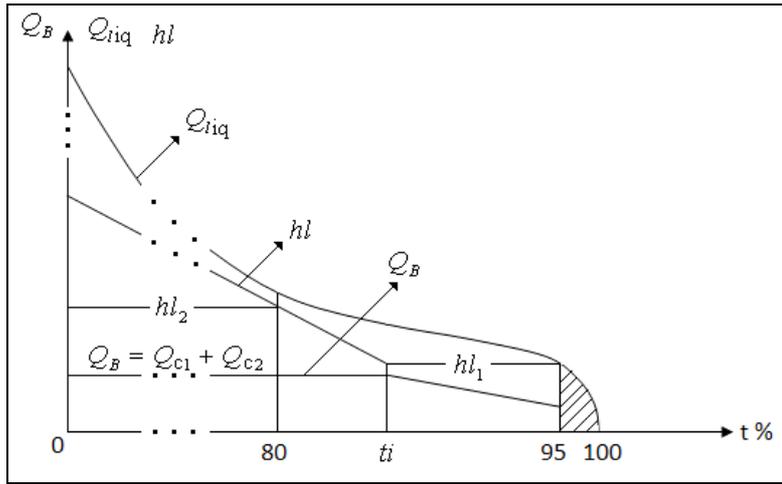


Figura 6.19 -Curvas de Q_B , hl e Q_{liq} .

7 - APLICAÇÃO DO MODELO A UMA BACIA HIPOTÉTICA

A seguir, aplicam-se os modelos de alocação técnica e econômica, apresentados anteriormente, a uma bacia hipotética, conforme Figura 7.1, apresentando as limitações de cada um deles.

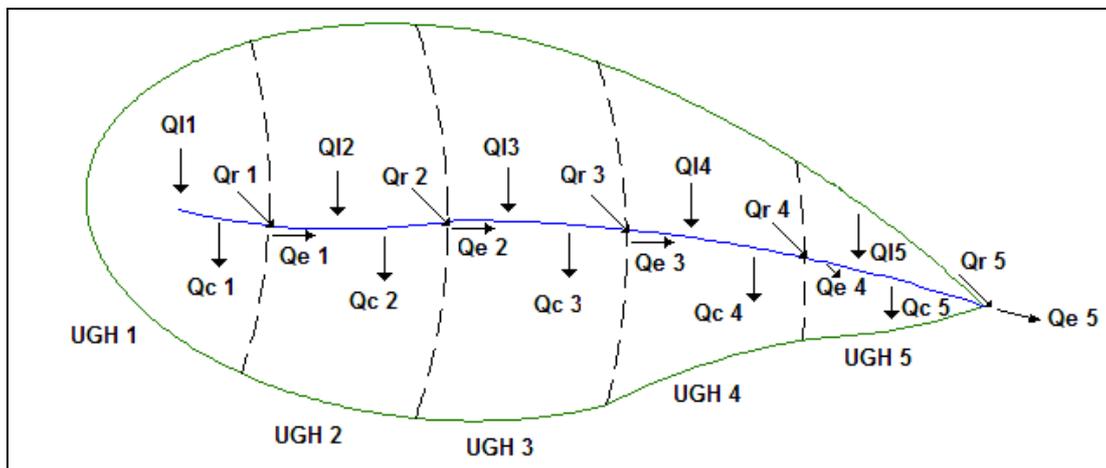


Figura 7.1 - Bacia hipotética para alocação técnica e econômica.

Para cada UGH, tem-se:

QI – Vazão incremental

Q_c – Vazão consumida

Q_e – Vazão efluente

Q_r – Vazão de restrição

Para aplicação dos critérios de outorgas desenvolvidos anteriormente, em uma bacia hipotética, adotam-se as vazões características (QI e Q_r) conforme apresentado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Vazões características aplicadas as UGHs.

UGH	1	2	3	4	5
Vazões [m^3/s]					
QI	1	2	1,5	1	0,5
Q_r	0,5	1	1,5	2,5	2

7.1 - ALOCAÇÃO COM BASE TÉCNICA, UTILIZANDO-SE DE UMA MESMA POLÍTICA (K), SOBRE A VAZÃO NATURAL DO CURSO D'ÁGUA (1º CRITÉRIO).

7.1.1 - Aplicação e análise do modelo

Para a aplicação desse critério técnico, parte-se da fixação das vazões incrementais e das vazões de restrição nos exutórios, conforme descrito no item 6.3.3.1, buscando obter o valor máximo de um mesmo “k outorgável” (política de alocação de água) em toda bacia hidrográfica.

A Tabela 7.2 apresenta os dados fornecidos para a simulação, bem como os resultados obtidos. O valor do “k” outorgável encontrado foi bastante reduzido, demonstrando que, caso as restrições nos exutórios fossem mais rígidas, chegar-se-ia a um limite onde não seria possível identificar qualquer política de alocação de água (k), que pudesse ser aplicada indistintamente em todas as UGHs.

Tabela 7.2 - Resultados para o primeiro critério técnico.

UGH	QI [m³/s]	Qr [m³/s]	∑QI [m³/s]	K	Qc [m³/s]	Qe [m³/s]
1	1,00	0,50	1,00	0,20	0,20	0,80
2	2,00	1,00	3,00	0,20	0,60	2,20
3	1,50	1,50	4,50	0,20	0,90	2,80
4	1,00	2,50	5,50	0,20	1,10	2,70
5	0,50	2,00	6,00	0,20	1,20	2,00
TOTAL					4,00	

A simulação proposta mostra os prejuízos de montante, em virtude do critério de alocação adotado, verificando um acréscimo progressivo para as vazões outorgáveis nas UGHs mais a jusante, relativo às vazões incrementais de cada uma delas.

7.2 - ALOCAÇÃO COM BASE TÉCNICA, UTILIZANDO-SE DE UMA MESMA POLÍTICA(K), SOBRE A VAZÃO NO EXUTÓRIO DE CADA UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA – UGH (2º CRITÉRIO)

7.2.1 - Aplicação e análise do modelo

Parte-se da fixação das vazões incrementais e das vazões de restrição nos exutórios de cada UGH, conforme descrito no item 6.3.3.2, buscando-se obter um mesmo “k outorgável” (política de alocação de água) em toda bacia hidrográfica.

A Tabela 7.3 apresenta os dados fornecidos para a simulação, bem como os resultados obtidos. O valor do “k” outorgável encontrado foi bem superior ao do 1º critério, embora possa ocorrer uma menor vazão outorgável total.

Tabela 7.3 - Resultados para o segundo critério técnico.

UGH	QI [m³/s]	Qr [m³/s]	∑QI [m³/s]	K	Qc [m³/s]	Qe [m³/s]
1	1,00	0,50	1,00	0,38	0,38	0,62
2	2,00	1,00	3,00	0,38	0,72	1,89
3	1,50	1,50	4,50	0,38	0,94	2,46
4	1,00	2,50	5,50	0,38	0,96	2,50
5	0,50	2,00	6,00	0,38	0,83	2,17
TOTAL					3,83	

Conclui-se que esse critério técnico é melhor para as regiões de montante que o anterior, porém, ainda apresenta desigualdade na distribuição da água na bacia hidrográfica, pois ainda favorece as regiões situadas mais a jusante.

7.3 - ALOCAÇÃO COM BASE TÉCNICA, UTILIZANDO-SE DE UMA MESMA POLÍTICA (K), SOBRE A VAZÃO INCREMENTAL DE CADA UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA – UGH (3º CRITÉRIO)

7.3.1 - Aplicação e análise do modelo

Parte-se das vazões incrementais, respeitando as restrições em cada UGH, conforme o item 6.3.3.3, buscando-se um mesmo “k” outorgável para toda bacia.

A Tabela 7.4 apresenta os dados fornecidos para simulação, bem como os resultados obtidos com a aplicação desse critério técnico.

Tabela 7.4 - Resultados para o terceiro critério técnico.

UGH	QI [m³/s]	Qr [m³/s]	∑QI [m³/s]	k	Qc [m³/s]	Qe [m³/s]
1	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50
2	2,00	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50
3	1,50	1,50	4,50	0,50	0,75	2,25
4	1,00	2,50	5,50	0,50	0,50	2,75
5	0,50	2,00	6,00	0,50	0,25	3,00
TOTAL					3,00	

Ao se analisar o (k) obtido, verifica-se que foi possível, com os mesmos dados aplicados anteriormente, chegar a um único valor para toda bacia, sendo esse bem superior

ao apresentado nos critérios anteriores. A vazão de referência estabelecida é aquela produzida na própria UGH, sendo que apenas uma parte dessa vazão será passível de outorga.

O critério permite um maior reconhecimento com as regiões produtoras de água, mas, via de regra, leva a uma menor vazão outorgável total na bacia. Os casos de UGHs com produção insuficiente podem ser resolvidos com a alteração da política, permitindo que se altere o “k” outorgável nessas regiões, e os prejuízos sejam divididos entre as demais regiões, além da possibilidade flexibilização das restrições.

A água necessária para atender a uma determinada restrição de montante contribui para reduzir a necessidade sobre a água produzida na própria UGH, favorecendo o atendimento das restrições de jusante.

Conforme pode-se observar pelas Tabelas 7.2, 7.3 e 7.4, pelos critérios técnicos apresentados, a vazão total outorgável na bacia decresce, na medida em que se modifica o critério de outorga, buscando reconhecer o direito das áreas de montante.

Para equacionar tal situação, compensações adicionais poderiam ser oferecidas às regiões produtoras de água, para abrir mão de usar sua riqueza hídrica, em troca de outros benefícios.

7.4 - ALOCAÇÃO COM BASE ECONÔMICA UTILIZANDO-SE DO VALOR ADICIONADO

7.4.1 - Aplicação e análise do modelo

Ainda, utilizando-se da bacia hipotética, Figura 7.1, com os critérios apresentados no item 6.3.4.1, respeitando as restrições em cada unidade de gestão hídrica, busca-se a obtenção do máximo valor agregado para a bacia hidrográfica, considerada em sua totalidade.

As curvas referentes ao valor agregado, para cada UGH, foram obtidas segundo a Equação 6.10, com os ajustes necessários, variando-se aleatoriamente as constantes a e b.

$$VA = a \cdot Q_c^b$$

Apenas para exemplificar a aplicação do modelo, adotam-se as constantes apresentadas na Tabela 7.5.

Tabela 7.5 - Constantes para a expressão de valor agregado para cada UGH.

UGH	a	b
1	0,5	0,5
2	0,7	0,4
3	1,2	0,3
4	0,6	0,3
5	0,5	0,4

A Tabela 7.6 apresenta os dados adotados para a otimização, bem como o valor agregado (VA) obtido para cada unidade de gestão, quando se otimiza o valor agregado para a bacia como um todo, respeitadas as restrições estabelecidas preliminarmente.

Tabela 7.6 - Resultados para alocação de água pelo critério do valor adicionado.

UGH	QI [m ³ /s]	Qr [m ³ /s]	Qc [m ³ /s]	K	Qe [m ³ /s]	VA
1	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,35
2	2,00	1,00	0,83	0,28	1,67	0,65
3	1,50	1,50	1,22	0,27	1,95	1,27
4	1,00	2,50	0,45	0,08	2,50	0,47
5	0,50	2,00	1,00	0,17	2,00	0,50
VA TOTAL						3,24

A parcela outorgável representa o percentual da vazão natural afluente (soma de todas as incrementais a montante e da própria UGH).

A aplicação desse método econômico permite alocar a água de modo a agregar a maior riqueza à bacia hidrográfica. Porém, a grande dificuldade de sua aplicação se manifesta quando se busca valorar os bens e serviços utilizados como insumos, bem como os produtos resultantes, decorrentes de uma menor ou maior oferta de água. Essa valoração é de difícil obtenção e sujeita a erros significativos. Quanto à garantia de água para os usos prioritários, pode-se incorporar essas necessidades na restrição de cada uma das UGHs.

7.5 - ALOCAÇÃO COM BASE ECONÔMICA, UTILIZANDO-SE DA TEORIA DA UTILIDADE

A alocação territorial com base na teoria da utilidade, associada a riscos diferenciados, altera os padrões de alocação tradicionalmente adotados, não se limitando a outorgar apenas uma determinada percentagem de uma vazão de referência, como os métodos apresentados anteriormente. Permite, sim, a flexibilização da quantidade de água outorgável, por meio de trocas entre as unidades de gestão, segundo seus interesses específicos.

Com os critérios apresentados no item 6.3.4.2, consideram-se, inicialmente, trocas entre as duas regiões de montante, conforme a bacia hipotética apresentada na Figura 7.1, estabelecendo-se a negociação entre as UGHs 1 e 2, para determinação das vazões passíveis de outorga.

Para desenvolvimento do exemplo, alguns parâmetros foram fixados, como as políticas de outorga (k) para cada uma das vazões, e a relação de preços (p_2/p_1) atribuída em cada unidade de gestão, para as duas vazões, oferecidas com diferentes garantias:

UGH 1

$$Q_{R1}=Q_{95} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{R2}=Q_{80} = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{I1} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{I2} = 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_1 = 30\%$$

$$K_2 = 60\%$$

$$Q^{\bullet}_{o1} = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06$$

$$Q^{\bullet}_{o2} = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48$$

UGH 2

$$Q_{R1}=Q_{95} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{R2}=Q_{80} = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{I1} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{I2} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_1 = 30\%$$

$$K_2 = 50\%$$

$$Q^{\bullet}_{o1} = 0,3 \cdot 0,4 = 0,12$$

$$Q^{\bullet}_{o2} = 0,5 \cdot 1,6 = 0,80$$

7.5.1 - Aplicação e análise do modelo

7.5.1.1. Determinação das curvas de utilidade da UGH1

Hipoteticamente, com base em estudos do comportamento da UGH 1, observou-se pouca perspectiva de crescimento, logo maior disponibilidade hídrica não trará grandes

vantagens econômicas. Assim, a parcela adicional, com maior risco, só é interessante se houver um deságio significativo.

Admitiu-se que a vazão adicional será aceitável se tiver um deságio de 60%, o que implica em $(p_2 / p_1 > 0,40)$.

Aplicando-se as duas condições de contorno, definidas pela Equação 6.40 e pela Equação 6.41, chega-se ao intervalo possível para a relação de preços:

$$\frac{p_2}{p_1} < 0,842$$

e

$$\frac{p_2}{p_1} > 0,126$$

Verifica-se que a relação de preços proposta está dentro de um intervalo aceitável.

Assim, é possível caracterizar a função utilidade equivalente da UGH1, adotando-se Q_{el} igual a $1 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo:

$$N_1 = Q_{o1}^* / Q_{el}$$

$$N_1 = Q_{o1}^* / 1 = 0,06$$

Da Equação 6.37, tem-se:

$$\beta = 0,642$$

Da Equação 6.27, tem-se:

$$U_1(Q_0) = 0,06 (Q_0 / 0,06)^{0,642} \quad \text{Equação 7.1}$$

7.5.1.2. Determinação das curvas de utilidade da UGH2

Hipoteticamente, com base em estudos do comportamento da UGH2, observou-se maior perspectiva de crescimento. Logo, uma maior disponibilidade hídrica trará vantagens econômicas. Assim, a parcela adicional, com maior risco, é interessante para a região, mesmo se houver um deságio menos significativo.

Admitiu-se que a vazão adicional é aceitável com um deságio de 40% $(p_2 / p_1 > 0,60)$.

Aplicando as duas condições de contorno, definidas Equação 6.40 e Equação 6.41, chega-se ao intervalo possível para a relação de preços:

$$\frac{p_2}{p_1} < 0,842$$

e

$$\frac{p_2}{p_1} > 0,126$$

Verifica-se que a relação de preços proposta está dentro do intervalo aceitável.

Assim, é possível caracterizar a função utilidade equivalente da UGH 2, adotando-se Q_{el} igual a $1 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo:

$$N_2 = Q_{o2}^* / Q_{el}$$

$$N_2 = Q_{o2}^* / 1 = 0,12$$

Da Equação 6.37, tem-se:

$$\beta = 0,821$$

Por meio da Equação 6.27, tem-se:

$$U_2(Q_0) = 0,12 (Q_0 / 0,12)^{0,821} \quad \text{Equação 7.2}$$

7.5.1.3. Determinação das curvas de indiferença para as UGHs 1 e 2

Conforme a Equação 6.20 e a Equação 6.28 calcula-se a Esperança da Utilidade Total, para cada uma das UGHs da bacia hipotética apresentada na Figura 7.1.

Para UGH1, a Esperança da Utilidade Total é obtida pela seguinte equação:

$$E(U(Q_{01}, Q_{02})) = 0,95 * .0,06 * \left(\frac{Q_{01}}{0,06}\right)^{0,642} + 0,80 * 0,06 * \left(\frac{Q_{02}}{0,06}\right)^{0,642} \quad \text{Equação 7.3}$$

Para UGH 2, a Esperança da Utilidade Total é obtida pela seguinte equação:

$$E(U(Q_{01}, Q_{02})) = 0,95 * .0,12 * \left(\frac{Q_{01}}{0,12}\right)^{0,821} + 0,80 * 0,12 * \left(\frac{Q_{02}}{0,12}\right)^{0,821} \quad \text{Equação 7.4}$$

Conforme a Equação 6.42, constroem-se as curvas de indiferença para cada UGH:

$$E(U(Q_{01}, Q_{02})) = \text{constante}$$

A Figura 7.2 apresenta as curvas de indiferença para cada uma das UGHs. A Figura 7.3 acrescenta a linha de contrato, mostrando que essa se desenvolve por meio dos pontos de tangência entre as curvas de indiferença das duas UGHs.

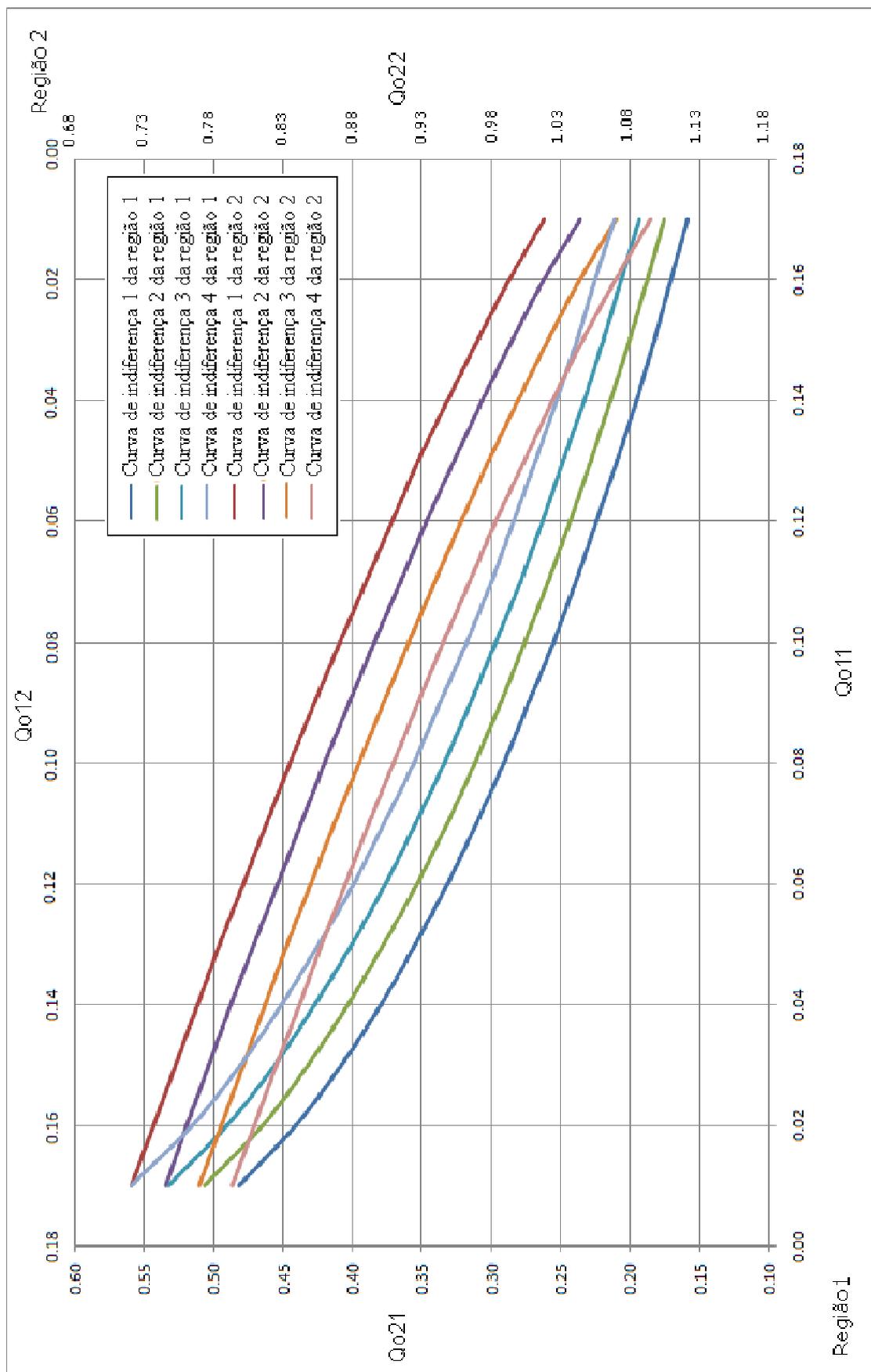


Figura 7.2 - Curvas de indiferença para as UGHs 1 e 2.

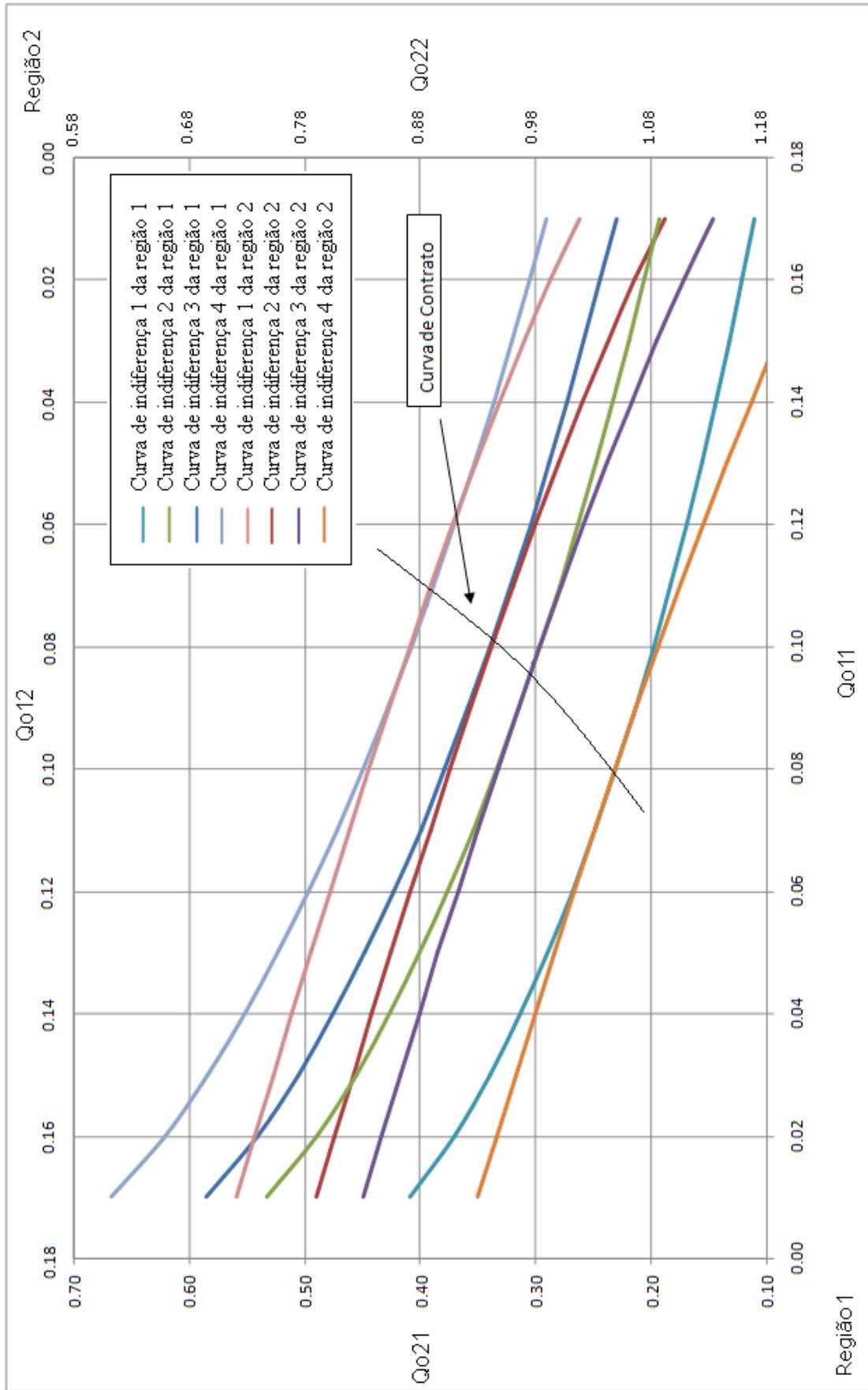


Figura 7.3 - Curvas de indiferença e curva de contrato para as UGHs 1 e 2.

7.5.1.4. Determinação do ponto ótimo de permuta

Conforme o item 6.4.3 -, respeitadas as possíveis restrições existentes, pode-se localizar o ponto ótimo de permuta, situado sobre a curva de contrato, a partir de dois métodos, um gráfico e outro computacional.

Método gráfico de busca

A Figura 7.4 demonstra a busca gráfica do ponto ótimo, no processo de negociação entre as UGHs 1 e 2.

Parte-se das vazões outorgáveis iniciais, Q_{o1}^{\bullet} e Q_{o2}^{\bullet} , associadas respectivamente às garantias 95% e 80%, chegando-se, após o processo de negociação, às vazões outorgáveis, Q_{o1} e Q_{o2} , para cada uma das UGHs envolvidas.

As vazões iniciais e as vazões outorgáveis, resultantes das trocas, estão apresentadas na Tabela 7.7.

Conforme discutido, para a UGH 1, ocorreu um ganho de água com maior garantia (Q_{o1}) e uma perda de água com menor garantia (Q_{o2}).

Para a UGH 2, ocorreu uma perda de água de maior garantia (Q_{o1}), porém, com ganho de água de menor garantia (Q_{o2}). Conforme a Tabela 7.7, a quantidade total de água, considerando as duas UGHs, não se alterou após o processo de negociação.

Tabela 7.7 - Vazões iniciais e finais para as UGHs 1 e 2 (Método Gráfico).

UGH	\dot{Q}_{o1} [m ³ /s]	\dot{Q}_{o2} [m ³ /s]	Q_{o1} [m ³ /s]	Q_{o2} [m ³ /s]
1	0.060	0.480	0.110	0.380
2	0.120	0.800	0.070	0.900
TOTAL	0.180	1.280	0.180	1.280

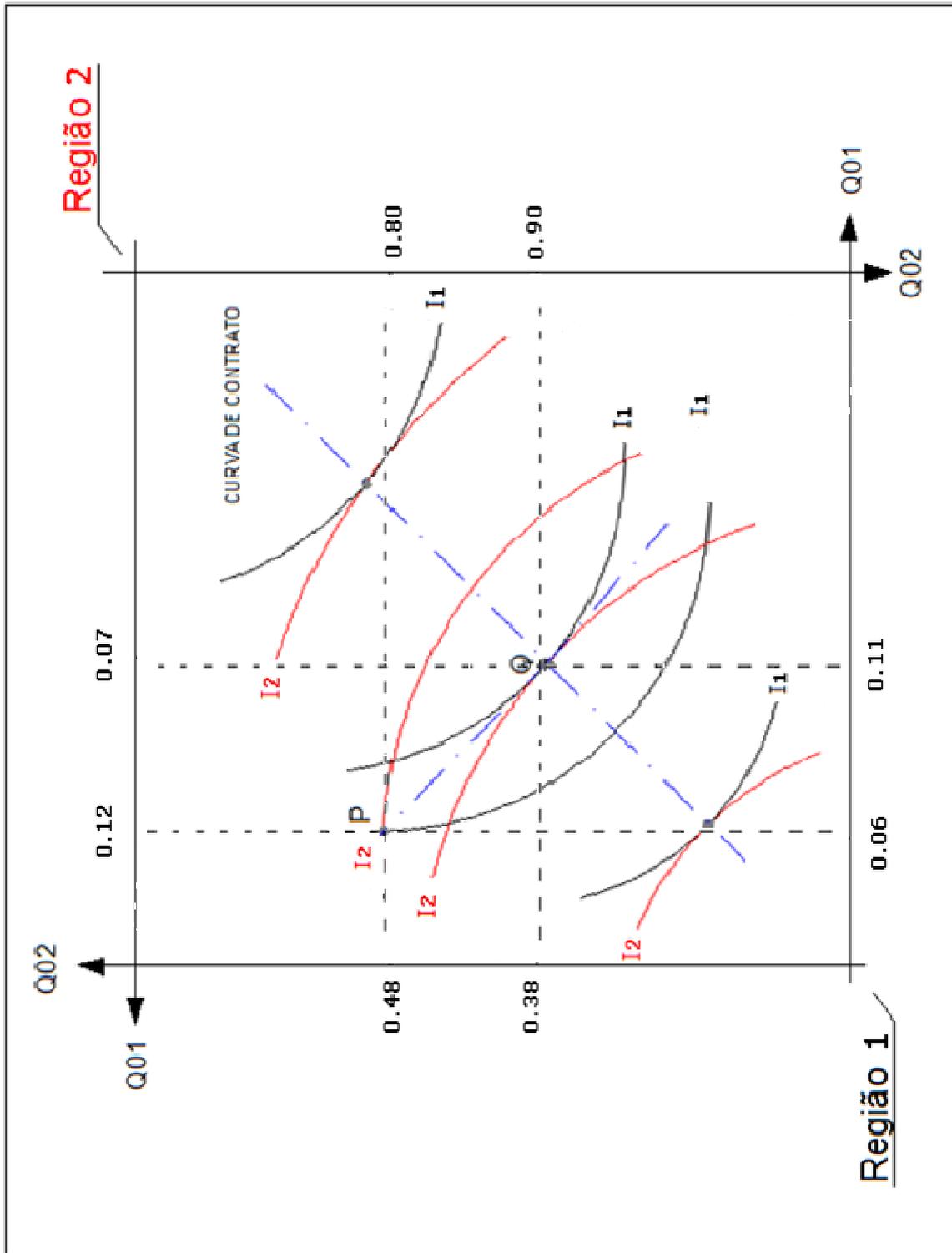


Figura 7.4 - Busca do ótimo de negociação entre as UGHs 1 e 2 (Método Gráfico).

Método computacional de busca

O método computacional parte de um determinado ponto, em que se interceptam curvas de indiferença dos dois usuários, com as vazões outorgáveis iniciais Q_{o1}^{\bullet} e Q_{o2}^{\bullet} .

Conforme apresentado, a partir de trocas incrementais, vão-se melhorando as posições dos dois agentes, até alcançarem o ponto ótimo, referente às vazões negociadas Q_{o1} e Q_{o2} , associadas, respectivamente, às garantias 95% e 80%, para cada uma das UGHs.

As vazões iniciais (Q_1 e Q_2), as vazões outorgáveis (Q_{o1}^{\bullet} e Q_{o2}^{\bullet}), além dos parâmetros necessários ao equacionamento (k , α , β) figuram na Tabela 7.8.

Tabela 7.8 - Dados iniciais das UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).

UGH1		UGH2	
Relação de preços [p1/p2]	2.50	Relação de preços [p1/p2]	1.67
Relação de durações [P1/P2]	1.19	Relação de durações [P1/P2]	1.19
Vazão QI_{95} [m ³ /s]	0.20	Vazão QI_{95} [m ³ /s]	0.40
Vazão QI_{80} [m ³ /s]	1.00	Vazão total QI_{80} [m ³ /s]	2.00
$Q1$ [m ³ /s] = QI_{95}	0.20	$Q1$ [m ³ /s] = QI_{95}	0.40
$Q2$ [m ³ /s] = ($QI_{95} - QI_{80}$)	0.80	$Q2$ [m ³ /s] = ($QI_{95} - QI_{80}$)	1.60
K outorgável 1	0.30	K outorgável 1	0.30
k outorgável 2	0.60	k outorgável 2	0.50
Vazão outorgável inicial 1 = Q_{o1}^{\bullet}	0.06	Vazão outorgável inicial 1 = Q_{o1}^{\bullet}	0.12
Vazão outorgável inicial 2 = Q_{o2}^{\bullet}	0.48	Vazão outorgável inicial 2 = Q_{o2}^{\bullet}	0.80
Relação das vazões ($Q_{o1}^{\bullet} / Q_{o2}^{\bullet}$)	0.13	Relação das vazões ($Q_{o1}^{\bullet} / Q_{o2}^{\bullet}$)	0.15
α (alfa)	0.06	α (alfa)	0.12
β (beta)	0.642	β (beta)	0.821

Os resultados obtidos da busca do ponto ótimo de troca são apresentados na Tabela 7.9, sendo que as partes na cor azul claro representam a parte do processo iterativo onde a esperança das utilidades das vazões é fixada.

Para facilitar a visualização, mostram-se apenas as iterações iniciais e finais. A tabela completa é apresentada ao final deste trabalho, no Anexo I.

Conforme pode se observar, a partir da iteração de nº 92, as esperanças das utilidades das vazões começam a reduzir, inviabilizando as negociações. Portanto, está aí identificado o ponto-ótimo para as respectivas trocas.

Tabela 7.9 – Simulação computacional para as UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).

UGH 1		Valores iniciais		UGH 2	
Vazão Qo1	0,060	Vazão Qo1	0,120		
Vazão Qo2	0,480	Vazão Qo2	0,800		
Utilidade para vazão QI ₉₅	0,010	Utilidade para vazão QI ₉₅	0,021		
Utilidade para vazão QI ₈₀	0,037	Utilidade para vazão QI ₈₀	0,100		
Esperança da utilidade	0,03933	Esperança da utilidade	0,09997		
Iteração 1					
Vazão Qo1	0,061	Vazão Qo1	0,119		
Vazão Qo2	0,478	Vazão Qo2	0,802		
Utilidade para vazão QI ₉₅	0,010	Utilidade para vazão QI ₉₅	0,021		
Utilidade para vazão QI ₈₀	0,037	Utilidade para vazão QI ₈₀	0,100		
Esperança da utilidade	0,03933	Esperança da utilidade	0,10002		
Iteração 2					
Vazão Qo1	0,061	Vazão Qo1	0,119		
Vazão Qo2	0,478	Vazão Qo2	0,802		
Utilidade para vazão QI ₉₅	0,010	Utilidade para vazão QI ₉₅	0,021		
Utilidade para vazão QI ₈₀	0,037	Utilidade para vazão QI ₈₀	0,100		
Esperança da utilidade	0,03934	Esperança da utilidade	0,10002		
Iteração 3					
Vazão Qo1	0,062	Vazão Qo1	0,118		
Vazão Qo2	0,476	Vazão Qo2	0,804		
Utilidade para vazão QI ₉₅	0,010	Utilidade para vazão QI ₉₅	0,021		
Utilidade para vazão QI ₈₀	0,037	Utilidade para vazão QI ₈₀	0,100		
Esperança da utilidade	0,03934	Esperança da utilidade	0,10007		
Iteração...					
Iteração 92					
Vazão Qo1	0,110	Vazão Qo1	0,070		
Vazão Qo2	0,378	Vazão Qo2	0,902		
Utilidade para vazão QI ₉₅	0,015	Utilidade para vazão QI ₉₅	0,014		
Utilidade para vazão QI ₈₀	0,032	Utilidade para vazão QI ₈₀	0,110		
Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108		
Iteração 93					
Vazão Qo1	0,111	Vazão Qo1	0,069		
Vazão Qo2	0,377	Vazão Qo2	0,903		
Utilidade para vazão QI ₉₅	0,015	Utilidade para vazão QI ₉₅	0,013		
Utilidade para vazão QI ₈₀	0,032	Utilidade para vazão QI ₈₀	0,110		
Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10107		

As vazões outorgáveis iniciais (\dot{Q}_{o1} e \dot{Q}_{o2}) e as vazões outorgáveis finais (Q_{o1} e Q_{o2}), resultantes das trocas, estão apresentadas na Tabela 7.10.

A aplicação do método computacional de busca do ponto ótimo confirma os resultados obtidos pelo método gráfico, com ganhos para cada uma das UGHs, referente à água com a garantia de que se necessita. Também, conforme a Tabela 7.10, a quantidade total de água, considerando as duas UGHs, não se alterou após o processo de negociação.

Tabela 7.10 - Vazões iniciais e finais para as UGHs 1 e 2 (Método Computacional).

Região	\dot{Q}_{o1} [m³/s]	\dot{Q}_{o2} [m³/s]	Q_{o1} [m³/s]	Q_{o2} [m³/s]
1	0.060	0.480	0.110	0.378
2	0.120	0.800	0.070	0.902
TOTAL	0.180	1.280	0.180	1.280

Analisando os valores apresentados na Tabela 7.7, busca gráfica, e Tabela 7.10, busca computacional, verifica-se que os valores estão bastante próximos. As pequenas diferenças encontradas podem perfeitamente ser explicadas pelas aproximações necessárias, principalmente para o método gráfico.

7.5.2 - Análise comparativa do modelo de alocação pela utilidade

É importante ressaltar que não é possível fazer uma comparação numérica entre todos os modelos propostos. Quando se tratou da alocação técnica, podê-se comparar alguns parâmetros, como a política de outorga “k”, a quantidade total de água outorgável na bacia ou o percentual da riqueza hídrica que pode ser outorgada na região onde foi produzida. A alocação com base no valor adicionado foi apresentada apenas de forma ilustrativa, visto que os parâmetros foram tomados de forma aleatória, não mantendo qualquer relação com os parâmetros iniciais, adotados para as alocações técnicas. Já, a alocação com base na teoria da utilidade, no exemplo apresentado, não pode ser comparada com as demais. Diferentemente dos outros modelos, essa última alocação não se limita a distribuir uma vazão determinada segundo critérios pré-estabelecidos. Essa proposta de alocação tem uma maior flexibilidade, possibilitando alterar os limites outorgáveis para cada UGH, ao mesmo tempo em que se respeitam os limites estabelecidos para os exutórios e as políticas de outorga definidas para cada uma delas.

8 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA À ÁREA DE ESTUDOS

8.1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

8.1.1 - Localização geográfica

A bacia do rio Lambari está totalmente localizada no extremo sudoeste do Estado de Minas Gerais, incluindo, parcialmente, os municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas, sendo que somente esse último possui sua sede na bacia. Os demais municípios localizam-se na bacia com apenas parte de suas áreas rurais, conforme a Figura 8.1.

A área de estudo compreende toda bacia do rio Lambari, com 516,60 km², sendo que 389,70 km² pertencem a Poços de Caldas, 92,90 km² pertencem a Andradas e 34,00 km² ao município de Caldas.

A bacia do rio Lambari é parte da bacia do rio Pardo, afluente do rio Grande, que drena área dos estados de Minas Gerais e de São Paulo. É parte da Unidade de Gestão GD 3 (Pardo/Mogi Guaçú), conforme a divisão hidrográfica adotada pelo Estado de Minas Gerais.

A bacia do rio Lambari é fortemente marcada pela área urbana da cidade de Poços de Caldas, em sua porção norte, com uma população da ordem de 140.000 habitantes e um grande desenvolvimento comercial e industrial. Nas suas porções central e sul, as principais atividades são a pecuária e a agricultura, sendo significativa a utilização da irrigação por aspersão.

Considerando a sua importância regional, salienta-se a área urbana de Poços de Caldas, cortada pelo ribeirão de Poços, já nas proximidades do ribeirão das Antas, distante 460 km de Belo Horizonte e 330 km da cidade de São Paulo, com 1.189 metros de altitude na área central e coordenadas geográficas de 21°50'20" S e 46°33'53" W (SEBRAE, 1997).

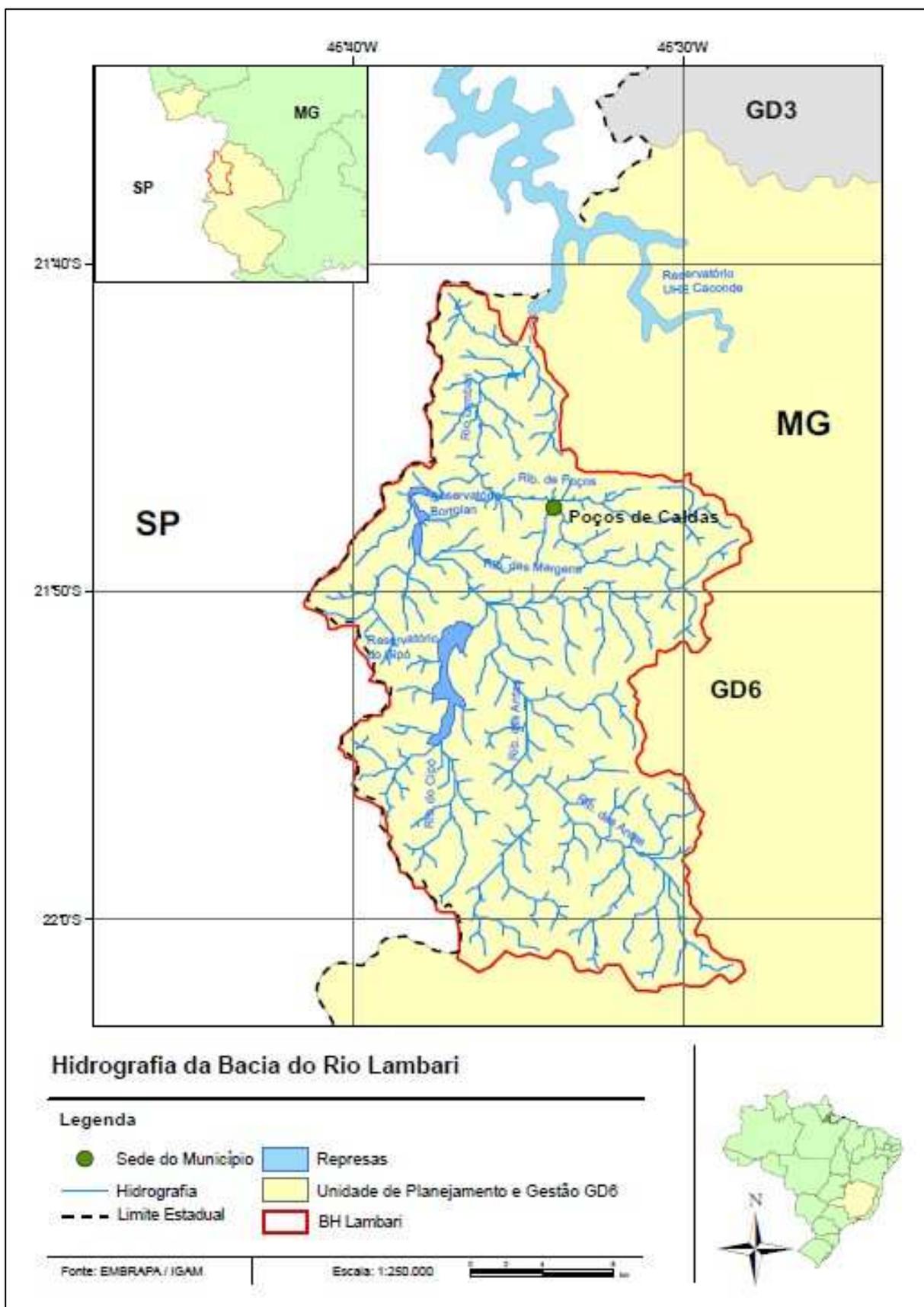


Figura 8.1 - Localização geográfica da área de estudo.

8.1.2 - Hidrografia

O rio Lambari recebe essa denominação somente após o encontro entre o ribeirão das Antas com o ribeirão de Poços, mantendo o nome por um pequeno trecho, até sua foz no reservatório de Caconde, localizada no rio Pardo, conforme a Figura 8.2.

O ribeirão das Antas é a denominação dada ao curso médio e superior do rio Lambari. Nasce na borda sul do Planalto de Poços, a 1.400m de altitude. Sua bacia hidrográfica, com 458 km², tem uma rede de drenagem composta por numerosos córregos e ribeirões, destacando-se, pela margem esquerda, os ribeirões da Ventania, Tamanduá e do Cipó e os córregos das Amoras e do Chiqueirão. Pela margem direita, contribuem os córregos Mata Vaca, do Pilão e do Retiro dos Moinhos e o ribeirão das Vargens.

Recentemente, a bacia do ribeirão das Antas foi declarada pelo Instituto de Gestão das Águas de Minas - IGAM como em estado de conflito pelo uso da água, de forma que foram suspensas renovações e novas concessões de outorgas. A questão do conflito foi explicitada no início do ano de 2008, quando uma empresa de grande porte solicitou renovação de sua outorga e teve sua solicitação indeferida, quando constatado que o limite de outorga na bacia já havia sido excedido, de acordo com a regulamentação adotada pelo Estado de Minas Gerais.

O ribeirão de Poços, formado pelos ribeirões Ponte Alta e da Serra, drena toda área urbana de Poços de Caldas, onde recebe o córrego Vai e Volta. Na bacia do ribeirão de Poços, estão localizadas as principais áreas de recarga dos aquíferos rasos e intermediários de Poços de Caldas e importantes estruturas geológicas.

Além dos cursos d'água citados, a bacia do rio Lambari possui alguns reservatórios, sendo os principais deles denominados Represa do Cipó e Represa de Bortolan, usados para geração de energia, regularização e abastecimento público (Ver Figura 8.2).

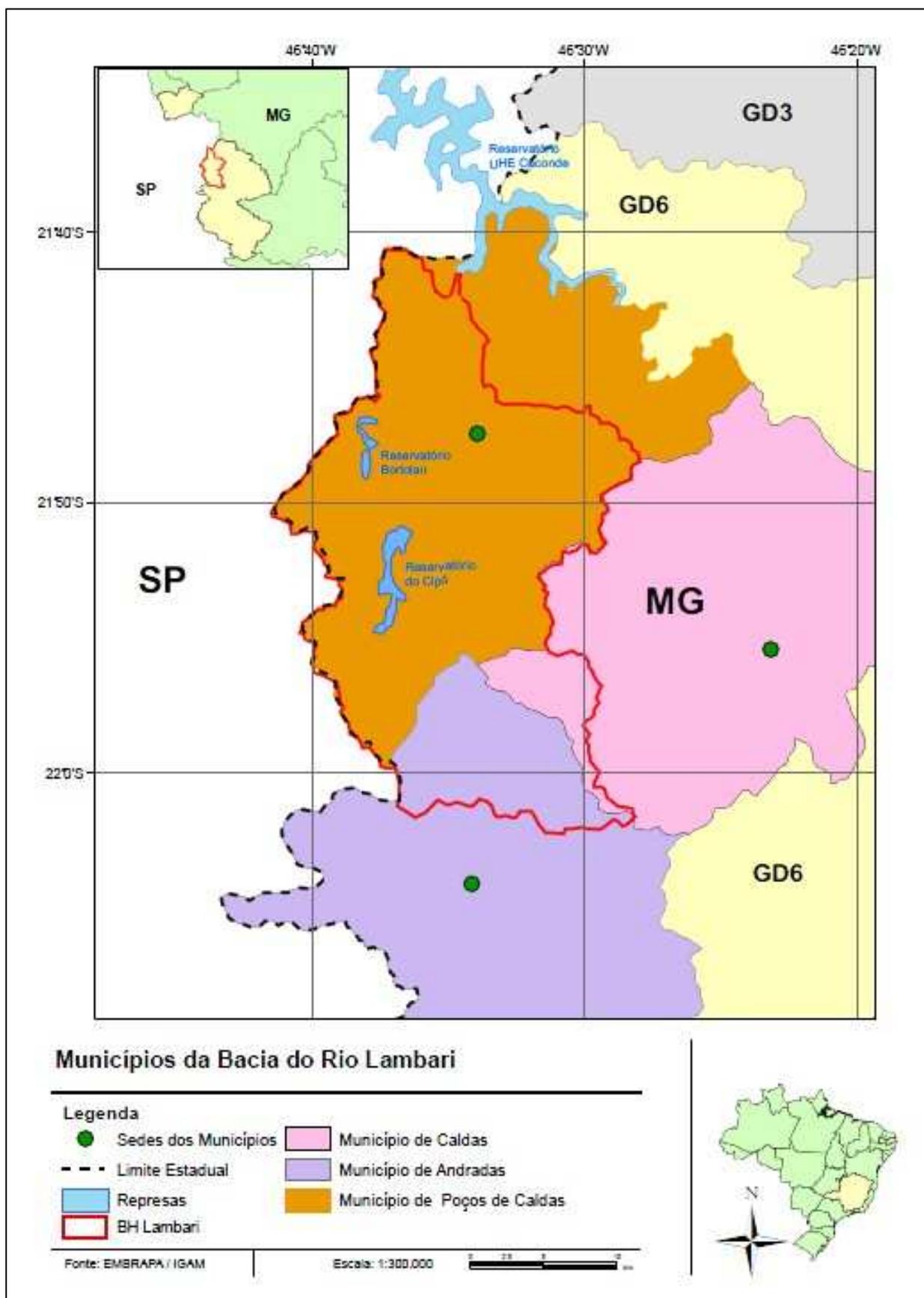


Figura 8.2 - Rede hidrográfica da bacia do rio Lambari.

8.1.3 - Relevo

Na Figura 8.3, observa-se o relevo da bacia, obtido por meio do modelo numérico de terreno (MNT), denominado Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, disponibilizado pela Agência Nacional Aeroespacial - NASA. No divisor norte, o ponto de maior altitude é, de aproximadamente, 1.300m.

A topografia, em geral, é pouco movimentada, com vertentes suaves e topos aplainados. Os principais cursos d'água têm declividade média entre 4m/km a 5,5 m/km. Essas características de relevo são particularmente suavizadas na região mais ao norte da bacia, onde se observam várzeas bem desenvolvidas e traçado dos rios acentuadamente sinuoso. Contrastando com esse relevo, vê-se, no extremo nordeste, uma área onde a topografia é intensamente movimentada.

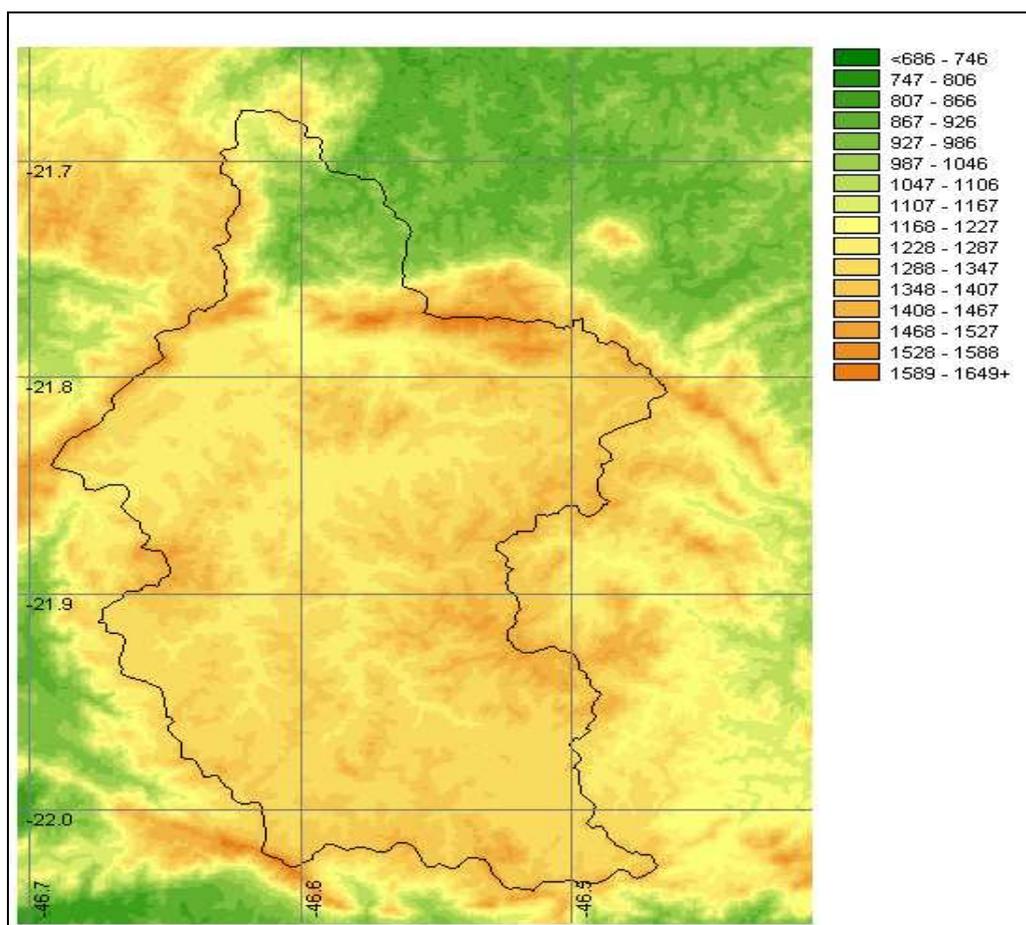


Figura 8.3 -Mapa de relevo da bacia do rio Lambari.

8.1.4 - Clima

Conforme as informações contidas em SEBRAE (1997), o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico com inverno seco e verão brando (Cwb). Esse é marcado pela ocorrência de duas estações distintas: o verão, chuvoso, estende-se de outubro a março, caracterizado por temperaturas e precipitações elevadas (temperatura média de 20,3 °C e precipitação total no período da ordem de 1.430 mm) e o inverno, seco, predominando nos meses de abril a setembro marcado por temperaturas e índices pluviométricos baixos (temperatura média de 15 °C e precipitação total da ordem de 315 mm).

A precipitação média anual é de aproximadamente 1.745 mm, sendo a pluviosidade mínima registrada no mês de julho, com índices próximos a 25 mm, e pluviosidades máximas registradas em janeiro, com valores da ordem de 297 mm. A temperatura média é de 17,6 °C, sendo que a média do mês mais frio, julho, chega a 13,5 °C, enquanto a do mais quente, janeiro, apresenta médias na ordem de 21,0 °C. As temperaturas mínimas e máximas absolutas registradas na bacia foram de 6,0 °C negativos e de 31,7 °C positivos, respectivamente.

O fator geográfico latitude é extremamente significativo para o movimento atmosférico. A parte mais ao norte da bacia é uma região propícia à incidência de choque das massas de ar de características opostas, influenciadas pelas Massa Equatorial Atlântica e Massa Polar Marítima. A influência da Massa Equatorial Atlântica, que é úmida e quente, é amenizada pelo relevo elevado.

As chuvas frontais caracterizam-se por serem comumente finas e de longa duração. São frequentes as chuvas orográficas, associadas ao choque de massas à linha de crista circundante do município de Poços de Caldas, de altitude máxima de 1.575 m. Os ventos são moderados na direção NE, com velocidade de 10 a 15 km/h. Com a entrada de frentes frias no planalto, a direção dos ventos pode-se inverter, passando a SW-W.

8.1.5 - Uso atual de água na bacia.

Do banco de dados do IGAM (www.igam.mg.gov.br), consultado em novembro de 2009, foram obtidas as outorgas de águas superficiais, concedidas na bacia do rio Lambari, e que estavam ativas na data da consulta.

A Tabela 8.1 apresenta a relação dos usuários outorgados na bacia do ribeirão de Poços e na bacia do ribeirão das Antas. Esses dois ribeirões são os formadores do rio Lambari.

Tabela 8.1 – Outorgas superficiais nas bacias do rib. de Poços e do rib. das Antas.

	USUÁRIO	MUNICÍPIO	FINALIDADE	VAZÃO [m³/s]
Ribeirão das Antas	Sítio Dalas	Andradas	Irrigação	0,0010
	Sítio Flores da terra	Andradas	Irrigação	0,0006
	Companhia Geral de Minas	Andradas	Consumo Industrial	0,0050
	Sítio Dalas	Andradas	Irrigação	0,0071
	Fazenda Campo do Guilherme	Andradas	Irrigação	0,0035
	Fazenda Varginha	Andradas	Irrigação	0,0110
	Fazenda Três Barras	Poços de Caldas	Paisagismo	0,0000
	Departamento Municipal de Águas e Esgoto – DMAE	Poços de Caldas	Abastecimento Público	0,1894
	Alcoa Alumínio S/A	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,1050
	Plelps Dpdge Brasil Ltda.	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0070
	Fazenda Três Barras	Poços de Caldas	Paisagismo	0,0000
	Departamento Municipal de Águas e Esgoto – DMAE	Poços de Caldas	Abastecimento Público	0,0600
	Companhia Brasileira de Alumínio	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0019
	Fertilizantes Mitsui S/A	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0970
	Posto Mineirão Ltda.	Poços de Caldas	Consumo Humano	0,0010
		Subtotal		
Ribeirão de Poços	Departamento Municipal de Águas e Esgoto – DMAE	Poços de Caldas	Abastecimento Público	0,1680
	Companhia Geral de Minas	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0047
	Lafarge Brasil S/A	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0004
	Nelson Costa	Poços de Caldas	Urbanização	0,0000
	Alcoa Alumínio S/A	Poços de Caldas	Consumo Humano	0,0005
	Alcoa Alumínio S/A	Poços de Caldas	Irrigação / Cons. Humano	0,0003
	Companhia Geral de Minas	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0025
	Companhia Geral de Minas	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0006
	Frigorífico TamoyosLtda	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0060
		Subtotal		
	TOTAL			0,6725

Fonte: IGAM (2009)

Na Figura 8.4, é apresentada a bacia do rio Lambari, com as sub-bacias dos ribeirões de Poços e Antas, e localizado os pontos referentes a todas as outorgas superficiais existentes. Pode ser observada a grande concentração de outorgas no ribeirão de Poços e no ribeirão das Antas, a jusante da represa do Cipó. Em toda essa parte da bacia, a finalidade de uso predominante é industrial e de abastecimento público.

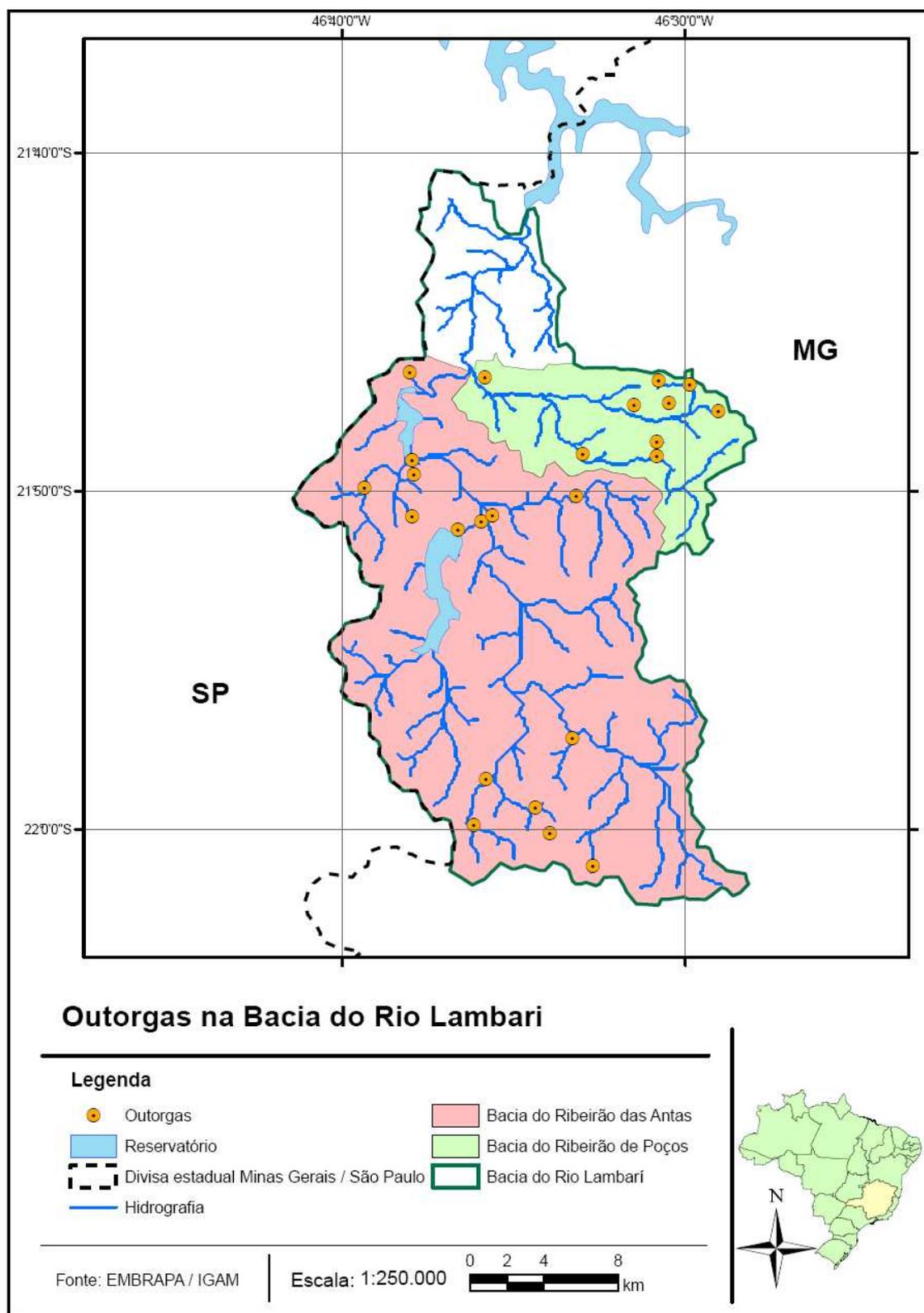


Figura 8.4 -Distribuição das outorgas superficiais na bacia do rio Lambari.

Para análise da disponibilidade de vazão outorgável, pelo critério adotado pelo IGAM, órgão gestor do Estado de Minas Gerais, elaborou-se a Tabela 8.2, onde foram

apresentados os valores calculados da $Q_{7;10}$, tanto para o exutório da bacia do rio Lambari, como para o exutório das bacias dos ribeirões de Poços e Antas, assim como as respectivas áreas de drenagem.

Tabela 8.2 - Balanço das vazões outorgadas com base na $Q_{7;10}$.

BACIA	Área de Drenagem [km ²]	$Q_{7;10}$ [m ³ /s]	Q_{out} [m ³ /s]	$Q_{out} / Q_{7;10}$ [%]
Ribeirão das Antas	377,50	1,381	0,490	35,49
Ribeirão de Poços	81,37	0,168	0,183	108,97
Rio Lambari	516,60	2,124	0,673	31,68

Na mesma Tabela 8.2, apresentou-se a vazão outorgada em cada uma das bacias citadas, além do percentual de comprometimento da $Q_{7;10}$, em cada situação.

Quando se comparam as vazões outorgadas nas bacias, com a vazão outorgável adotada em Minas Gerais, constata-se que, em todos os casos, a parcela outorgada já ultrapassa o limite de 30% da $Q_{7;10}$, máximo determinado pela legislação estadual.

Para a bacia do rio Lambari, o total de vazões outorgadas já ultrapassa o limite estabelecido em cerca de 2%. Ao se analisar a sub-bacia do ribeirão das Antas, a superação do limite é da ordem de 5%. No caso do ribeirão de Poços, a situação é muito mais grave, pois o limite outorgável está superado em cerca de 110%, o que demonstra uma situação desconfortável para o órgão gestor, que, recentemente, tem adotado uma postura mais rígida na concessão e renovação das outorgas.

Esse procedimento, de tentativa de adequação à legislação em vigor, tem levado a uma situação de graves consequências econômicas, principalmente para a região mais a jusante da bacia do rio Lambari.

Recentemente, uma grande empresa de laticínios, que está instalada na região, com uma significativa participação na economia regional, teve seu pedido de renovação de outorga negada, levando a uma situação de conflito no âmbito do Comitê de Bacia, que advogava uma mudança dos limites estabelecidos.

Em relação à situação atual, cabe ressaltar que a mesma não foi atingida recentemente, conforme demonstra o gráfico da Figura 8.5, que representa a evolução das vazões outorgadas, desde abril de 1992 até abril de 2009.

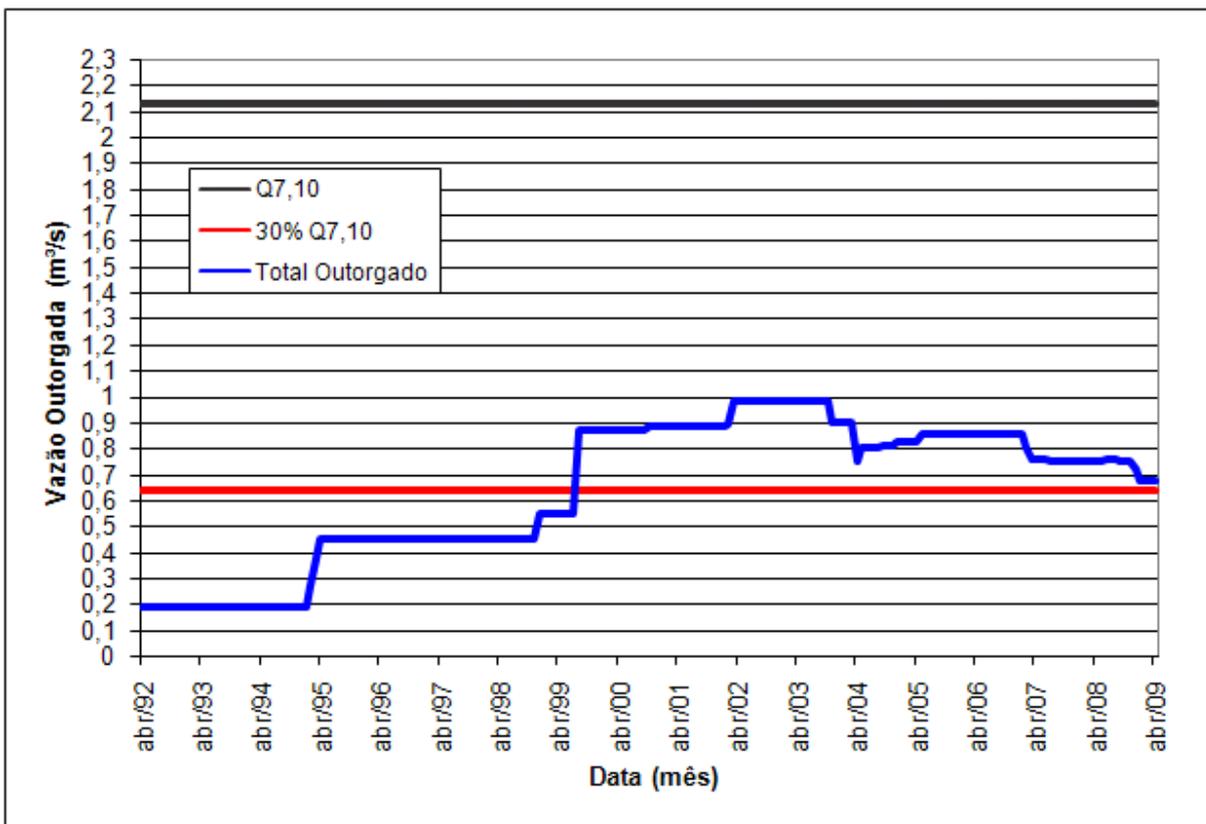


Figura 8.5 -Evolução das outorgas na bacia do rio Lambari.

A Figura 8.5 mostra que o limite estabelecido para outorgas, de 30% da $Q_{7,10}$, Portaria 010 do IGAM/1998, foi excedido já a partir de abril de 1999, ficando clara a fragilidade da situação local, levando a uma inevitável pressão da sociedade da bacia, para ampliação desse limite, estabelecido sem qualquer estudo técnico mais criterioso.

A situação de descontrole atingiu o seu ponto crítico em novembro de 2003, quando o total outorgado chegou a $0,9812 \text{ m}^3/\text{s}$, superando em mais de 50% o valor estabelecido pela referida portaria.

Mais recentemente, o IGAM tem procurado corrigir essa irregularidade, não autorizando a renovação de outorgas vencidas e também não concedendo novas outorgas na bacia. Embora seja um procedimento legal, esse fato tem trazido grandes prejuízos para a região, visto que a limitação do uso da água, atualmente em vigor, não conta com o apoio da sociedade local e nem do Comitê da Bacia Hidrográfica, que preconiza a ampliação do percentual “k” outorgável, e também da vazão de referência, propondo a adoção da vazão com permanência de 95% (Q_{95}).

Mesmo que o órgão gestor opte por adotar uma nova vazão de referência, como tem sido cogitado em algumas bacias, com a adoção de um percentual de 30% sobre a vazão

com 95% de permanência (Q_{95}), a situação de irregularidade atualmente existente, conforme a Tabela 8.3, seria resolvida para os casos do ribeirão das Antas e do rio Lambari, permanecendo para o caso do ribeirão de Poços, responsável por parte significativa da vazão consumida na cidade de Poços de Caldas.

Tabela 8.3 - Balanço das vazões outorgadas com base na Q_{95} .

BACIA	Área de Drenagem [km ²]	Q_{95} [m ³ /s]	Q_{out} [m ³ /s]	Q_{out} / Q_{95} [%]
Ribeirão das Antas	377,50	2,453	0,490	19,98
Ribeirão de Poços	81,37	0,528	0,183	34,66
Rio Lambari	516,60	3,350	0,673	20,09

Para o caso da bacia do rio Lambari, em um curto espaço de tempo, o limite outorgável estaria comprometido, voltando a se observar a situação existente hoje, com a impossibilidade de se aproveitar a vazão excedente, que ocorre em cerca de 95% do tempo.

As limitações atualmente impostas para outorga de recursos hídricos na bacia do rio Lambari e seus principais tributários têm sido motivo de acirradas discussões e de mobilização da sociedade, pressionando todo sistema de gestão por uma maior abertura nos critérios de outorga.

8.2 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

O objetivo desta parte do capítulo é demonstrar a aplicabilidade da metodologia proposta, em uma situação de conflito real, comparando o novo quadro de disponibilidade hídrica para alocação na bacia do rio Lambari, decorrente da metodologia proposta, com as possibilidades, atuais e futuras, de outorga, observando as limitações impostas à vazão outorgável, pela regulamentação em vigor.

8.2.1 - Construção do cenário tendencial para o uso da água

Inicia-se o processo por propor um cenário tendencial para o uso consuntivo de água na bacia do rio Lambari, até 2030, nos setores: consumo urbano (abastecimento público), consumo rural (abastecimento público), indústria, irrigação e criação de animais.

Para facilitar o desenvolvimento deste trabalho, o cenário adotado foi construído a partir de extrapolações das tendências observadas nos últimos anos, em cada um dos setores usuários.

8.2.1.1. Consumo urbano

O consumo urbano está concentrado na sede municipal de Poços de Caldas, onde 100% da população é atendida pelo sistema público de abastecimento de água, administrado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto-DMAE. Obteve um histórico de 16 anos dos volumes captados em diferentes mananciais da bacia (Ver Figura 8.6).

Segundo dados do DMAE, o abastecimento industrial através da rede pública é menor que 2% do total distribuído e trata-se, de maneira geral, de uso da água para necessidades básicas de alimentação e higiene, não sendo aproveitada para o processo industrial.

O consumo público e o consumo comercial estão inseridos no volume total captado, sendo, também, pouco significativos no volume total. Assim, pode-se perfeitamente considerar que toda água captada e distribuída pela autarquia municipal – DMAE seja para o abastecimento público urbano.

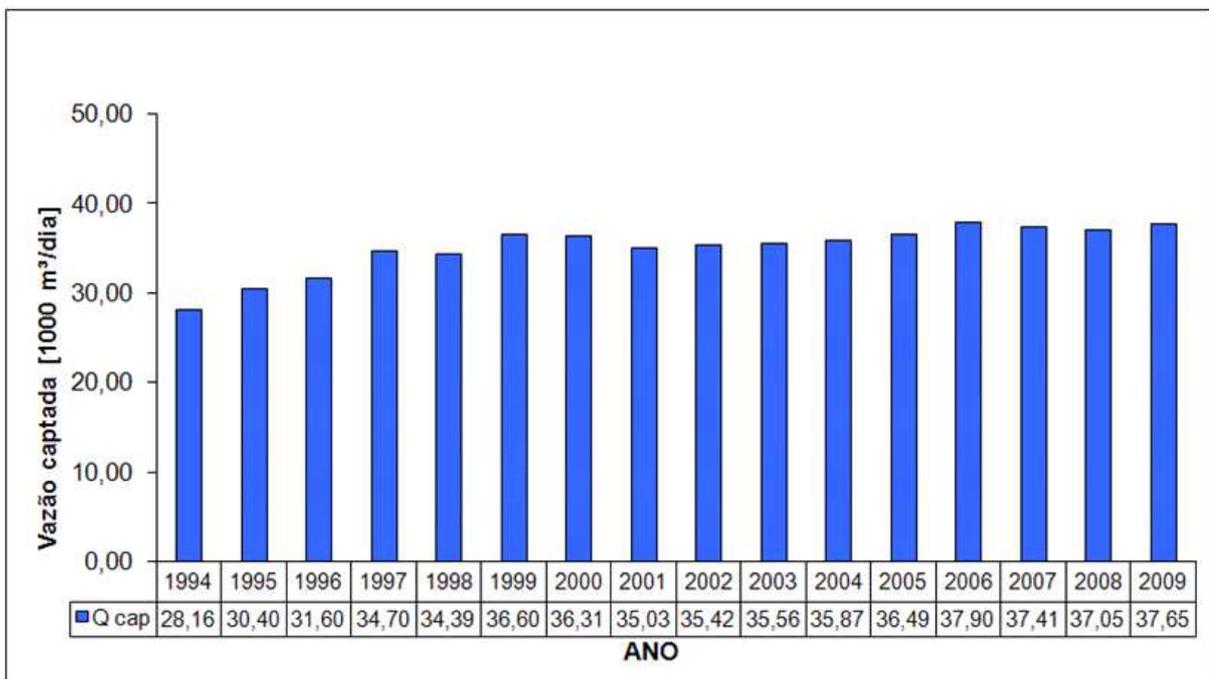


Figura 8.6 -Evolução das vazões captadas pelo DMAE.

Conforme a Figura 8.6, a evolução dos volumes captados nos últimos anos tem sido bastante regular, o que reflete o crescimento consistente do município de Poços de Caldas,

onde a população da área urbana tem aumentado de forma permanente, porém, sem picos temporais.

Com base no histórico de captação para o atendimento urbano, adotou-se uma taxa de crescimento anual de 2%, partindo da vazão média captada no ano de 2009, de 0,436 m³/s, chegando ao valor de 0,660 m³/s, no ano de 2030.

8.2.1.2. Consumo rural

Para a estimativa da vazão necessária para o abastecimento rural, foi utilizada a metodologia proposta pelo Operador Nacional do Sistema - ONS (2003), considerando que a população rural não recebe atendimento da rede pública de abastecimento.

Os dados utilizados para estimar a vazão de abastecimento rural foram as populações total e rural, obtidas por meio dos censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000, e da contagem da população realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007). Utilizam-se, também, dados de volume de água distribuído em cada município, obtidos por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB (2000).

Os coeficientes de retirada *per capita* na zona rural foram propostos pela Agência Nacional de Águas - ANA (2003), sendo que para o Estado de Minas Gerais o valor diário adotado foi de 125 litros por habitante.

A estimativa da vazão de retirada para abastecimento rural foi obtida a partir da tendência observada nos anos analisados, porém considerando as novas oportunidades de trabalho que deverão surgir na zona rural, em virtude do provável aumento da área irrigada, conforme segue:

$$Q_{rur} = Pop_{rur} \cdot CP_{rur} \quad \text{Equação 8.1}$$

Onde:

Q_{rur} = Vazão retirada para abastecimento rural (l/dia);

Pop_{rur} = População rural do município, não atendida pela rede de distribuição (habitantes);

CP_{rur} = Vazão rural *per capita* para o Estado de Minas Gerais (l/hab.dia).

Com os dados apresentados, chegou-se ao valor captado de 0,007 m³/s, para o ano de 2009. Com uma estimativa de crescimento anual de 0,5% da população rural, chega-se a 0,008 m³/s, como a vazão estimada para o ano de 2030.

8.2.1.3. Consumo para criação de animais

A estimativa da vazão retirada para a criação animal foi obtida a partir da metodologia proposta pelo ONS (2003). Foram utilizados dados de rebanhos de cada município, obtidos por meio dos censos agropecuários de 1974, 1980, 1985, 1991, 1995 e 2000. Todas as consultas foram realizadas no Banco de Dados Agregados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), em que se obteve o número de animais em cada um dos municípios, na proporção de suas áreas na bacia.

Para avaliação do consumo de água destinado à criação de animais, foi considerada a Tabela 8.4, que propõe valores de consumo *per capita* por espécie animal, incluindo outros usos, além da dessedentação.

Tabela 8.4 -Vazão de retirada *per capita* por espécie.

Espécie	Vazão de retirada (l/animal. dia)
Bovino	50,00
Suíno	12,50
Equino	50,00
Asinino	50,00
Muar	50,00
Ovino	10,00
Caprino	10,00
Aves	0,36

Fonte: Telles (2002).

A estimativa da vazão de retirada para a criação de animais foi obtida por meio da Equação 8.2 e da tendência observada nos anos analisados.

$$Q_a = \sum [Rb_{(esp.anim)} \cdot q_{(esp.anim)}] \quad \text{Equação 8.2}$$

Onde:

Q_a = Vazão retirada para abastecimento animal por município (l/dia);

$Rb_{(esp.anim)}$ = Rebanho do município para cada espécie animal (nº de animais);

$q_{(esp.anim)}$ = Vazão *per capita* (l/animal.dia).

Em função das informações obtidas, chegou-se a uma vazão de captação para criação de animais no ano de 2009 no valor de 0,016 m³/s. Considerando o crescimento do rebanho com a mesma taxa de crescimento da população urbana, conforme pode-se concluir pela análise dos censos realizados pelo IBGE, e obtidos no SIDRA, projeta-se para o ano 2030 a vazão de 0,024 m³/s, para criação de animais.

8.2.1.4. Consumo industrial

Para determinação do consumo industrial optou-se por adotar os volumes outorgados para o setor, dentro da bacia do rio Lambari, conforme Tabela 8.5.

Em virtude da característica desse segmento usuário, as outorgas são concedidas por prazos menores, se comparadas ao setor saneamento, com máximo de cinco anos de vigência. Essa característica leva a uma possibilidade de revisão permanente dos valores outorgados, favorecendo a redução do problema de vazões outorgadas e não utilizadas, o que permite considerar que todo volume outorgado para o setor está sendo utilizado.

Tabela 8.5 -Outorgas para uso industrial na bacia do rio Lambari.

USUÁRIO	MUNICÍPIO	FINALIDADE	VAZÃO [m ³ /s]
Companhia Geral de Minas	Andradas	Consumo Industrial	0,0050
Alcoa Alumínio S/A	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,1050
Plelps Dpdge Brasil Ltda.	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0070
Companhia Brasileira de Alumínio	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0019
Fertilizantes Mitsui S/A	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0970
Companhia Geral de Minas	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0047
Lafarge Brasil S/A	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0004
Companhia Geral de Minas	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0025
Companhia Geral de Minas	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0006
Frigorífico Tamoyos Ltda.	Poços de Caldas	Consumo Industrial	0,0060
TOTAL			0,2301

Fonte: IGAM (2009)

Vale salientar que, no volume outorgado para a indústria, estão somadas as outorgas consuntivas, destinadas à atividade de mineração, presentes de forma significativa, principalmente na porção sul da bacia.

Com os dados acima, chegou-se ao valor captado 0,230 m³/s para o ano de 2009. Com uma estimativa de crescimento industrial anual de 2,0%, compatível com o crescimento populacional, chega-se a 0,349 m³/s em 2030.

8.2.1.5. Consumo para irrigação

Para a estimativa das vazões retiradas para irrigação foram utilizados dados referentes à área plantada e à área irrigada no Estado de Minas Gerais, e a área plantada em cada município que compõe a bacia do rio Lambari, no período compreendido entre os anos 1996 e 2008. Essas informações foram obtidas por meio de consulta ao censo agropecuário, no banco de dados SIDRA. A partir desses valores, foi possível estabelecer uma proporção que permitiu determinar o valor da área irrigada nos municípios, conforme a Equação 8.3.

$$AI_{munic} = \frac{AI_{MG}}{AP_{MG}} \cdot AP_{munic} \quad \text{Equação 8.3}$$

Onde:

AI_{munic} = Área irrigada em cada município (ha);

AI_{MG} = Área irrigada no estado de Minas Gerais (ha);

AP_{MG} = Área plantada no estado de Minas Gerais (ha);

AP_{munic} = Área plantada em cada município (ha).

Uma vez determinados os valores de área irrigada para cada município, estimou-se a vazão atual de captação, conforme a Equação 8.4.

$$Q_{irrig} = AI_{munic} \cdot q_{(esp.irrig)} \quad \text{Equação 8.4}$$

Onde:

Q_{irrig} = Vazão retirada para a irrigação (m³/dia);

$q_{(esp.irrig)}$ = Vazão específica para irrigação (m³/dia.ha);

A vazão específica utilizada nos cálculos é uma média nacional, proposta por Christofidis (1997), sendo recomendada para a região, o valor de 32,025m³/dia*ha. A partir desse valor, com os demais dados obtidos, foi possível calcular a vazão de captação para irrigação, chegando a 0,298 m³/s, no ano de 2009.

Considerando a média nacional de crescimento da irrigação, conforme proposto por Christofidis (1997), de 2% ao ano, chega-se à vazão de captação de 0,452m³/s, no ano de 2030.

Por meio do quadro-resumo apresentado na Tabela 8.6, verifica-se que o cenário tendencial para a necessidade total de água, para toda a bacia do rio Lambari, aponta para o valor de 1,493 m³/s, projetado para o ano de 2030.

Tabela 8.6 -Demanda total de água na bacia do rio Lambari.

Ano	Abastecimento urbano	Abastecimento rural	Criação de animais	Industrial	Irrigação	Total m ³ /s
2009	0,436	0,007	0,016	0,230	0,298	0,987
2030	0,660	0,008	0,024	0,349	0,452	1,493

A Figura 8.7 mostra a evolução da demanda na bacia do rio Lambari, observando o comportamento dos diversos setores usuários, ao longo dos anos em análise.

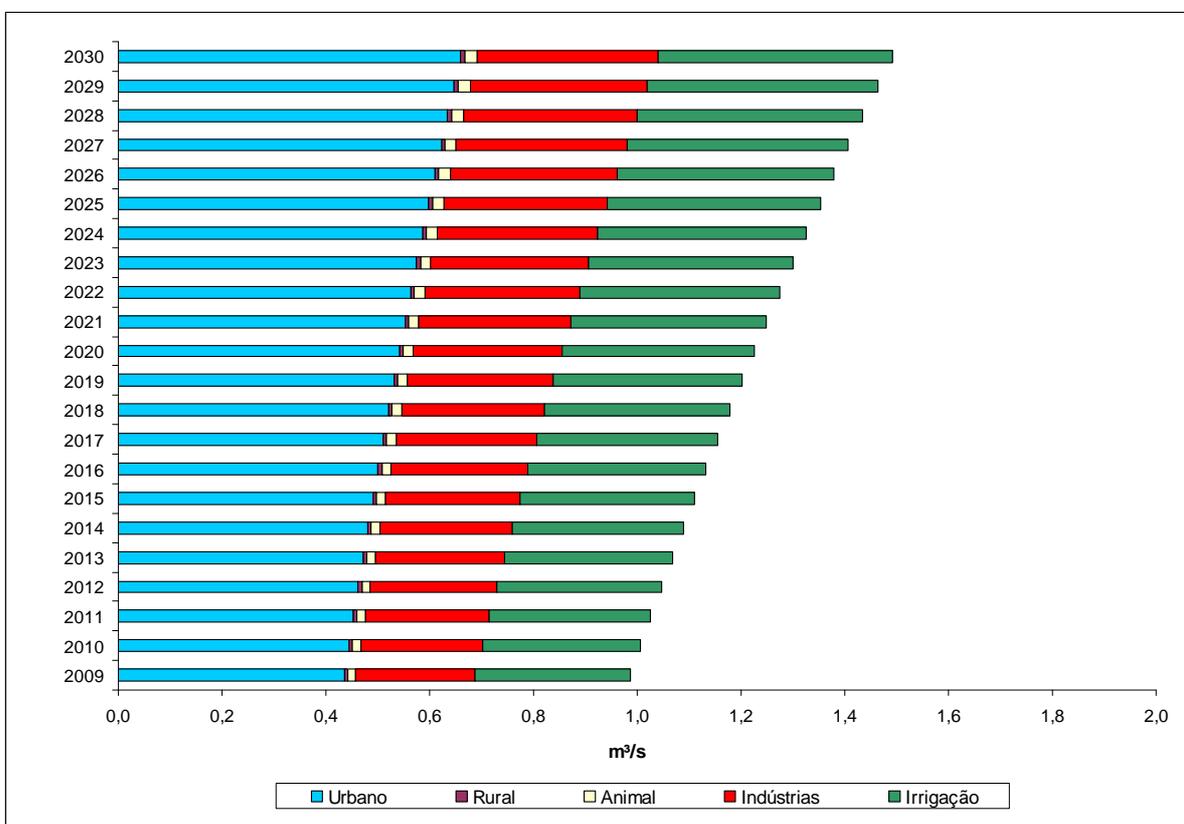


Figura 8.7 -Evolução setorial da demanda de água na bacia do rio Lambari.

8.2.2 - Divisão da bacia hidrográfica em Unidades de Gestão Hídrica (UGH)

A Figura 8.8 apresenta a divisão proposta para as unidades de gestão hídrica (UGH), dentro da bacia do rio Lambari, UGH1 mais a montante, e UGH 2 mais a jusante. A divisão proposta teve como premissa básica a busca de uma identidade regional, não apenas quanto às prioridades de consumo, como também pela capacidade de produção de

água. No caso em análise, chega-se claramente à divisão em duas unidades, porém, nada impede que se aprofunde o detalhamento, ampliando a divisão, desde que todas as UGHs atendem às premissas apresentadas inicialmente.

Os critérios adotados, que determinam a divisão da bacia em unidades de gestão, constituem uma decisão política, que deve ser tomada no âmbito do Comitê da Bacia. Porém, devem se basear em dados técnicos, referentes às quantidades de água necessária para cada categoria de usuário, em cada unidade de gestão, além da capacidade regional de produção de água.

Quanto à caracterização territorial, a Tabela 8.7 apresenta a área total dos municípios e qual a sua contribuição para cada uma das unidades de gestão.

Conforme apresentado anteriormente, o município de Poços de Caldas responde por cerca de 75% da área territorial da bacia do rio Lambari, daí, suas características serem de fundamental importância na determinação da vazão necessária para atendimento atual e futuro, além da definição das prioridades de distribuição da água em toda bacia.

Tabela 8.7 -Área dos municípios nas unidades de gestão (km²).

Municípios	Área do Município	UGH 1 - Montante	UGH 2 – Jusante	TOTAL
Andradas	467,4	92,90	-	92,90
Caldas	713,6	34,00	-	34,00
Poços de Caldas	544,4	137,05	252,65	389,70
TOTAL – km²	516,60	263,95	252,65	516,60

De acordo com a metodologia proposta, a divisão das UGHs se fez atendendo às prioridades de uso, como também, à capacidade de produção de água de cada uma delas, pois as águas produzidas, com diferentes garantias, serão as mercadorias que propiciarão as possíveis trocas entre as duas regiões.



Figura 8.8 - Divisão da bacia do rio Lambari em unidades de gestão (UGH).

8.2.3 - Vazões demandadas por cada setor usuário em cada UGH

Para determinar as vazões demandas por segmento usuário, em cada uma das UGHs, conforme a Tabela 8.8, adotaram-se as seguintes premissas:

- O consumo de água no abastecimento urbano foi contabilizado apenas nas sedes municipais, inseridas dentro de cada UGH. No caso estudado, apenas a sede do município de Poços de Caldas está inserida nos limites da bacia, exatamente na UGH 2, onde foi considerado todo consumo associado a esse segmento.
- Os consumos de água, para o abastecimento humano na área rural e criação de animais, foram determinados para cada uma dos municípios da bacia, e posteriormente divididos de forma proporcional, em função de suas áreas em cada uma das UGHs, conforme a Tabela 8.8.
- O consumo de água para uso industrial e mineração foi determinado a partir da localização dos consumidores outorgados pelo IGAM, nas UGHs da bacia.
- O consumo de água para irrigação foi dividido segundo a área atualmente irrigada na bacia, sendo 80% em sua região de montante (UGH 1) e 20% na região de jusante (UGH 2).

A Tabela 8.8 apresenta as vazões demandadas nas UGHs, por cada segmento usuário.

Tabela 8.8 -Vazão demandada por segmento nas UGHs (m³/s).

UGH	ANO	Abastecimento urbano	Abastecimento rural	Criação de animais	Industrial	Irrigação	TOTAL
UGH 1	2009	0,000	0,004	0,008	0,110	0,239	0,361
	2030	0,000	0,004	0,012	0,167	0,362	0,545
UGH 2	2009	0,436	0,003	0,008	0,120	0,059	0,626
	2030	0,660	0,004	0,012	0,182	0,090	0,948

As Figura 8.9 e Figura 8.10 mostram a evolução de cada um dos segmentos usuários, durante o período de cenarização, nas duas UGHs da bacia.

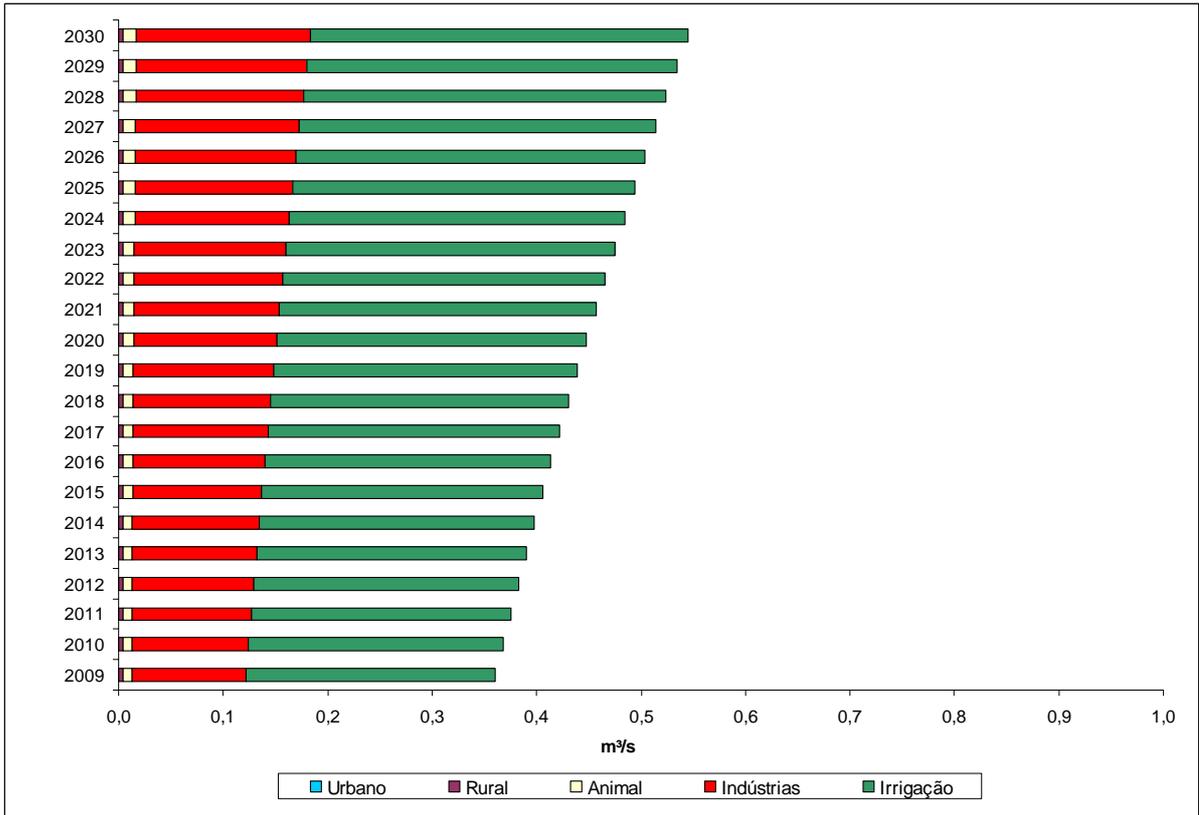


Figura 8.9 - Evolução da vazão demandada por segmento na UGH 1.

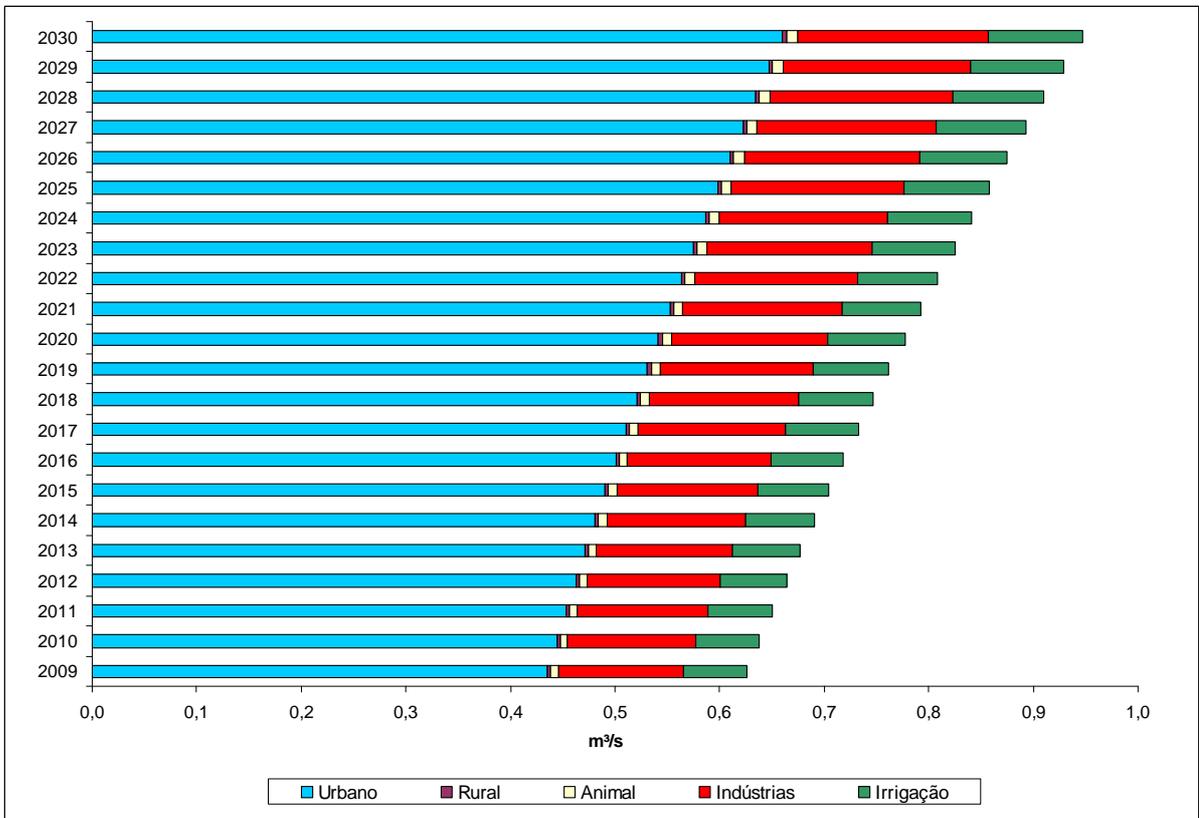


Figura 8.10 - Evolução da vazão demandada por segmento na UGH 2.

Verifica-se que, no caso da UGH 1, a demanda da irrigação é marcadamente a mais importante, seguida da demanda industrial, representada na região, pela indústria de mineração. No caso da UGH 2, o consumo urbano é o mais significativo, e continuará sendo durante o período cenarizado, seguido em menor escala pelo setor industrial, porém, tendo este último um crescimento anual mais significativo.

A Figura 8.11 apresenta o comportamento da demanda total por água, em cada uma das UGHs, podendo-se observar que a região de jusante, UGH 2, além de demandar mais água, deverá ter um crescimento maior de suas necessidades, no período estudado, de 2009 a 2030.

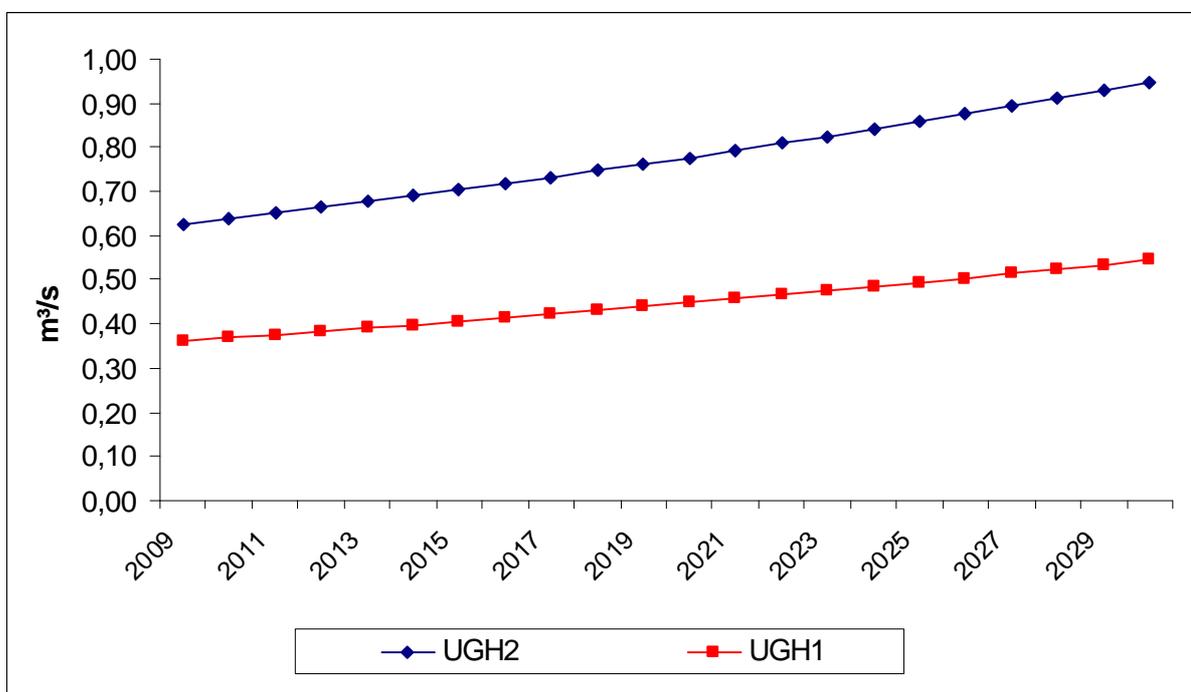


Figura 8.11 - Comportamento das demandas nas UGHs 1 e 2.

8.2.4 - Vazões de diferentes garantias demandadas pelas UGHs

Consideraram-se a característica do uso, a base legal e o interesse de cada UGH, determinando-se quais são os usos que necessitam de maior garantia e aqueles que podem conviver com a ocorrência de períodos de não atendimentos mais recorrentes.

Sem dúvida, o abastecimento urbano e o das pessoas que vivem no meio rural, além da água necessária para criação dos animais, são setores de prioridade máxima, até porque, assim determina a legislação vigente no Brasil.

Os demais setores usuários existentes na bacia, principalmente a mineração e a irrigação, podem perfeitamente conviver com uma disponibilidade em menor garantia, minimizando os possíveis efeitos danosos de um período de racionamento, com um adequado sistema de reservação.

As considerações apresentadas são perfeitamente aplicáveis à bacia do rio Lambari, e conseqüentemente, às UGHs decorrentes da divisão proposta.

A Tabela 8.9 mostra a quantidade de água demandada por cada UGH, segundo os critérios determinados, considerando a situação tanto no ano de 2009, como também no ano de 2030, fim do período da cenarização proposta anteriormente.

Tabela 8.9 -Água demandada por cada UGH.

UGH	ANO	Água com Maior Garantia [m ³ /s]	Água com Menor Garantia [m ³ /s]
UGH 1	2009	0.012	0.349
	2030	0.016	0.529
UGH 2	2009	0.447	0.179
	2030	0.676	0.272

É possível observar que a UGH 1 possui uma maior demanda por água de menor garantia, visto que, nessa parte da bacia, desenvolvem-se, principalmente, atividades de irrigação e mineração. A UGH 2 possui uma maior demanda por água de maior garantia, pois, nessa parte da bacia, desenvolvem-se, principalmente, atividades industriais e de captação de água para o consumo urbano.

8.2.5 - Vazões de referência para negociação e outorga

Para cada UGH, foram determinadas as vazões de referência, produzidas em seu próprio território, a qual se chamou de Riqueza Hídrica, isto é, a água passível de negociação.

Estabeleceram-se duas vazões de referência: aquela com permanência no tempo de 95% (QI₉₅), que corresponde a risco de 5%, e aquela com permanência no tempo de 80% (QI₈₀), que corresponde a um risco de 20%. Como dito anteriormente, compatíveis com os valores praticados nas áreas técnica e econômica, respectivamente.

A Tabela 8.10 apresenta as vazões de referência, para cada uma das UGHs.

Tabela 8.10 -Vazões de referência produzidas em cada UGH.

UGH	QI ₉₅	QI ₈₀
UGH 1	1.51	2.41
UGH 2	1.43	2.50

Conforme a metodologia proposta, as duas mercadorias produzidas pelas UGHs e passíveis de negociação serão a água com maior garantia Q_1 , no caso, correspondente à vazão incremental QI_{95} , e a água adicional Q_2 , correspondente à diferença entre a vazão incremental QI_{95} e a vazão incremental QI_{80} . A Tabela 8.11 apresenta os valores de Q_1 e Q_2 para cada uma das UGHs.

Tabela 8.11 -Vazões passíveis de negociação e outorga.

UGH	Q ₁	Q ₂
UGH 1	1.51	0.90
UGH 2	1.43	1.08

Para se determinar a vazão efetivamente negociável, é necessário aplicar um redutor, conhecido como política de outorga, ou como “k” outorgável, para cada modalidade de vazão, em cada uma das unidades de gestão hídrica. No caso do estado de Minas Gerais, a legislação atual estabelece um redutor de 70% sobre a vazão de referência ($Q_{7;10}$), para se determinar a vazão passível de outorga.

Neste trabalho, adotou-se um “k” outorgável de 50% ($k = 0,50$) para a vazão com maior garantia (QI_{95}), visto ser necessário garantir uma vazão mínima no curso d’água para a manutenção dos diversos ecossistemas (vazão ecológica). Quanto à vazão com menor garantia (QI_{80}), não sendo responsável por uma vazão mínima no curso d’água, optou-se por outorgá-la totalmente ($k=1,00$). Para se promover a negociação proposta, inicia-se o processo com as vazões Q^{\bullet}_{o1} e Q^{\bullet}_{o2} , que resultam da aplicação do “k” outorgável sobre as vazões Q_1 e Q_2 , conforme a Tabela 8.12.

Tabela 8.12 - Vazões efetivamente negociáveis.

UGH	Q [•] _{o1}	Q [•] _{o2}
UGH 1	0.75	0.90
UGH 2	0.71	1.08

8.2.6 - Determinação das curvas de indiferença para as UGHs do rio Lambari

Conforme a Equação 6.20 e a Equação 6.28, calcula-se a esperança da utilidade total, para cada uma das UGHs:

UGH 1

$$E(U(Q_{01}, Q_{02})) = 0,95 * 0,75 * \left(\frac{Q_{01}}{0,75}\right)^{\beta_1} + 0,80 * 0,75 * \left(\frac{Q_{02}}{0,75}\right)^{\beta_1}$$

UGH 2

$$E(U(Q_{01}, Q_{02})) = 0,95 * 0,71 * \left(\frac{Q_{01}}{0,71}\right)^{\beta_2} + 0,80 * 0,71 * \left(\frac{Q_{02}}{0,71}\right)^{\beta_2}$$

Os valores de β_1 e β_2 são determinados por meio da relação de preços que se estabelece em cada uma das UGHs, conforme a Equação 6.37:

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{p_1 * P_2}{p_2 * P_1}\right)}{\ln\left(\frac{Q_{01}^*}{Q_{02}^*}\right)} + 1$$

Atendendo os limites, estabelecidos na Equação 6.40 e na Equação 6.41, e os valores apresentados na Tabela 8.12, têm-se os seguintes limites para a relação de preços:

$$\frac{p_2}{p_1} > \frac{Q_{01}^* \cdot P_2}{Q_{02}^* \cdot P_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} < \frac{P_2}{P_1}$$

Para a UGH 1:

$$\frac{p_2}{p_1} > 0,702$$

$$\frac{p_2}{p_1} < 0,842$$

Para a UGH 2:

$$\frac{p_2}{p_1} > 0,554$$

$$\frac{p_2}{p_1} < 0,842$$

A partir das relações de preços estabelecidas, determinam-se os coeficientes “ β ” e constroem-se as curvas de indiferença para cada UGH, conforme a Equação 6.42.

$$E(U(Q_{01}, Q_{02})) = \text{constante}$$

8.2.7 - Relações de preços e restrições nos exutórios das UGHs.

Conforme a metodologia proposta, faz-se necessário determinar uma relação de preços, entre as águas de diferentes garantias, em cada UGH.

A definição dessa relação deve ser resultado de um processo de discussão, que deve ser levado a cabo no âmbito do comitê da bacia. Para obtenção dessa relação, não é necessário valorar o bem e sim propor algumas correlações de preços que sejam compatíveis com a função de utilidade da UGH, respeitadas as restrições já mencionadas.

Verifica-se que é possível variar as relações de preços entre as águas com diferentes garantias, as restrições de exutórios e os “k” outorgáveis. Em decorrência, ter-se-á um elenco de resultados que pode atender total ou parcialmente as expectativas de demanda, estabelecidas pela cenarização adotada. Cabe aos atores envolvidos na negociação, optarem pela relação de preços que mais atenda às suas conveniências.

8.2.8 - Trocas de águas de diferentes riscos

Para uma análise mais consistente, consideradas as duas UGHs estabelecidas na bacia do rio Lambari, simulam-se três diferentes situações, variando as relações de preços dos bens, Q_1 e Q_2 , envolvidos na negociação.

Para todas as situações apresentadas, chamadas doravante de quadros, busca-se o ponto ótimo de negociação, pelo método computacional. As informações que figuram nas áreas tarjadas das respectivas tabelas de simulação computacional dizem respeito ao processo iterativo, em que as esperanças das utilidades das vazões são fixadas.

Para facilitar a visualização, apresentam-se apenas as iterações iniciais e finais. As tabelas completas aparecem ao final do trabalho, no Anexo I.

O Quadro I, constante da Tabela 8.13, estabelece uma relação de preços extrema, ou seja, adota-se uma preferência elevada da UGH 2 em relação à vazão Q_1 , quando comparada com a preferência da UGH 1. Nessa tabela, são apresentados os parâmetros

relativos a cada uma das UGHs, incluindo uma restrição nos respectivos exutórios, relativa a Q_{80} .

A vazão no exutório de cada UGH é aquela que resulta da respectiva Q_{80} , diminuída das vazões outorgáveis finais de maior e menor garantia, somada à vazão disponível da UGH de montante.

As relações de preços propostas no Quadro I, em ambas UGHs, atendem aos limites estabelecidos no item 8.2.6.

Tabela 8.13 -Parâmetros relativos ao Quadro I.

UGH 1		UGH 2	
Relação de preços [p1/p2]	1.19	Relação de preços [p1/p2]	1.77
Relação de preços [p2/p1]	0,84	Relação de preços [p2/p1]	0,56
Relação de durações [P1/P2]	1.19	Relação de durações [P1/P2]	1.19
Vazão QI_{95} [m ³ /s]	1.51	Vazão QI_{95} [m ³ /s]	1.43
Vazão QI_{80} [m ³ /s]	2.41	Vazão total QI_{80} [m ³ /s]	2.50
$Q1$ [m ³ /s] = QI_{95}	1.51	$Q1$ [m ³ /s] = QI_{95}	1.43
$Q2$ [m ³ /s] = ($QI_{95} - QI_{80}$)	0.90	$Q2$ [m ³ /s] = ($QI_{95} - QI_{80}$)	1.07
K outorgável 1	0.50	K outorgável 1	0.50
k outorgável 2	1.00	k outorgável 2	1.00
Vazão outorgável 1 = Q^{\bullet}_{o1}	0.76	Vazão outorgável 1 = Q^{\bullet}_{o1}	0.72
Vazão outorgável 2 = Q^{\bullet}_{o2}	0.90	Vazão outorgável 2 = Q^{\bullet}_{o2}	1.08
Relação das vazões ($Q^{\bullet}_{o1} / Q^{\bullet}_{o2}$)	0.84	Relação das vazões ($Q^{\bullet}_{o1} / Q^{\bullet}_{o2}$)	0.67
α (alfa)	0.76	α (alfa)	0.72
β (beta)	0.99	β (beta)	0.01
Vazão de restrição- 20% da Q_{80}	0,48	Vazão de restrição- 20% da Q_{80}	0,98

Busca do ponto ótimo para o Quadro I

Tabela 8.14 - Simulação computacional para o Quadro I.

UGH 1	Valores iniciais	UGH 2	
Vazão Q_{o1}	0.755	Vazão Q_{o1}	0.715
Vazão Q_{o2}	0.900	Vazão Q_{o2}	1.075
Utilidade para vazão QI_{95}	0.572	Utilidade para vazão QI_{95}	0.713
Utilidade para vazão QI_{80}	0.680	Utilidade para vazão QI_{80}	0.715
Esperança da utilidade	1.08763	Esperança da utilidade	1.24938
Iteração 1			
Vazão Q_{o1}	0.753	Vazão Q_{o1}	0.718
Vazão Q_{o2}	0.903	Vazão Q_{o2}	1.071
Utilidade para vazão QI_{95}	0.570	Utilidade para vazão QI_{95}	0.713
Utilidade para vazão QI_{80}	0.683	Utilidade para vazão QI_{80}	0.715
Esperança da utilidade	1.08763	Esperança da utilidade	1.24938

Tabela 8.14 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro I.

Iteração 2			
Vazão Qo1	0.751	Vazão Qo1	0.719
Vazão Qo2	0.906	Vazão Qo2	1.064
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.569	Utilidade para vazão QI ₉₅	0.713
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.685	Utilidade para vazão QI ₈₀	0.715
Esperança da utilidade	1.08825	Esperança da utilidade	1.24938
Iteração			
Iteração 65			
Vazão Qo1	0.602	Vazão Qo1	0.868
Vazão Qo2	1.101	Vazão Qo2	0.869
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.457	Utilidade para vazão QI ₉₅	0.714
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.830	Utilidade para vazão QI ₈₀	0.714
Esperança da utilidade	1.09833	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 66			
Vazão Qo1	0.599	Vazão Qo1	0.871
Vazão Qo2	1.104	Vazão Qo2	0.866
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.455	Utilidade para vazão QI ₉₅	0.714
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.833	Utilidade para vazão QI ₈₀	0.714
Esperança da utilidade	1.09831	Esperança da utilidade	1.24950

Conforme se pode observar na Tabela 8.14, a partir da iteração de nº 65, a esperança da utilidade das vazões começa reduzir, para pelo menos um dos usuários, inviabilizando as negociações. Portanto, está aí identificado o ponto ótimo, dentro da relação de preços estipuladas.

Os dados de vazões demandadas, nos anos de 2009 e 2030, aparecem na Tabela 8.15, além das vazões outorgáveis resultantes das negociações, com as bases estabelecidas. Verifica-se que os resultados atendem plenamente às demandas de ambas as UGHs, fato que não ocorreria, caso fossem mantidas as regras de alocação atualmente em vigor. Também, as vazões de restrição nos exutórios foram superiores às estabelecidas na Tabela 8.13.

Tabela 8.15–Resultados relativos ao Quadro I.

Vazões	UGH 1				UGH 2					
	Q outorgáveis [m³/s]		Vazão disponível no exutório [m³/s]	Q Consumo [m³/s]		Q outorgáveis [m³/s]		Vazão disponível no exutório [m³/s]	Q Consumo [m³/s]	
	Inicial	Final		2009	2030	Inicial	Final		2009	2030
Q1	0.755	0.602	0,707	0.012	0.016	0.715	0.868	1,470	0.447	0.676
Q2	0.900	1.101		0.349	0.529	1.070	0.869		0.179	0.272
TOTAL	1.655	1.703		0.361	0.545	1.785	1.737		0.626	0.948

O Quadro II estabelece uma relação de preços mais próxima, ou seja, adota-se uma preferência da UGH 2 em relação à vazão Q_1 , não tão distante da preferência da UGH 1.

A Tabela 8.16 apresenta os diversos parâmetros relativos a cada uma das UGHs, incluindo uma restrição nos respectivos exutórios, relativa a Q_{80} .

As relações de preços propostas no Quadro II, em ambas UGHs, atendem os limites estabelecidos no item 8.2.6.

Tabela 8.16 -Parâmetros relativos ao Quadro II.

UGH 1		UGH 2	
Relação de preços [p1/p2]	1.40	Relação de preços [p1/p2]	1.45
Relação de preços [p2/p1]	0,71	Relação de preços [p2/p1]	0,69
Relação de durações [P1/P2]	1.19	Relação de durações [P1/P2]	1.19
Vazão $Q_{I_{95}}$ [m ³ /s]	1.51	Vazão $Q_{I_{95}}$ [m ³ /s]	1.43
Vazão $Q_{I_{80}}$ [m ³ /s]	2.41	Vazão total $Q_{I_{80}}$ [m ³ /s]	2.50
Q_1 [m ³ /s] = $Q_{I_{95}}$	1.51	Q_1 [m ³ /s] = $Q_{I_{95}}$	1.43
Q_2 [m ³ /s] = ($Q_{I_{95}} - Q_{I_{80}}$)	0.90	Q_2 [m ³ /s] = ($Q_{I_{95}} - Q_{I_{80}}$)	1.07
K outorgável 1	0.50	K outorgável 1	0.50
k outorgável 2	1.00	k outorgável 2	1.00
Vazão outorgável 1 = Q_{o1}^*	0.75	Vazão outorgável 1 = Q_{o1}^*	0.72
Vazão outorgável 2 = Q_{o2}^*	0.90	Vazão outorgável 2 = Q_{o2}^*	1.07
Relação das vazões (Q_{o1}^* / Q_{o2}^*)	0.84	Relação das vazões (Q_{o1}^* / Q_{o2}^*)	0.67
α (alfa)	0.76	α (alfa)	0.72
β (beta)	0.063	β (beta)	0.050
Vazão de restrição- 20% da Q_{80}	0,48	Vazão de restrição- 20% da Q_{80}	0,98

Busca do ponto ótimo para o Quadro II

Tabela 8.17 - Simulação para o Quadro II.

UGH 1	Valores iniciais		UGH 2	
Vazão Q_{o1}	0.755		Vazão Q_{o1}	0.715
Vazão Q_{o2}	0.900		Vazão Q_{o2}	1.070
Utilidade para vazão $Q_{I_{95}}$	0.742		Utilidade para vazão $Q_{I_{95}}$	0.604
Utilidade para vazão $Q_{I_{80}}$	0.750		Utilidade para vazão $Q_{I_{80}}$	0.740
Esperança da utilidade	1.30469		Esperança da utilidade	1.16534
Iteração 1				
Vazão Q_{o1}	0.754		Vazão Q_{o1}	0.716
Vazão Q_{o2}	0.901		Vazão Q_{o2}	1.069
Utilidade para vazão $Q_{I_{95}}$	0.742		Utilidade para vazão $Q_{I_{95}}$	0.604
Utilidade para vazão $Q_{I_{80}}$	0.750		Utilidade para vazão $Q_{I_{80}}$	0.739
Esperança da utilidade	1.30469		Esperança da utilidade	1.16535

Tabela 8.17 (Cont.) - Simulação para o Quadro II.

Iteração 2				
Vazão Qo1	0.753		Vazão Qo1	0.717
Vazão Qo2	0.902		Vazão Qo2	1.068
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.742		Utilidade para vazão QI ₉₅	0.604
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.750		Utilidade para vazão QI ₈₀	0.739
Esperança da utilidade	1.30469		Esperança da utilidade	1.16535
Iteração...				
Iteração 12				
Vazão Qo1	0.745		Vazão Qo1	0.725
Vazão Qo2	0.915		Vazão Qo2	1.055
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.741		Utilidade para vazão QI ₉₅	0.608
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.751		Utilidade para vazão QI ₈₀	0.735
Esperança da utilidade	1.30469		Esperança da utilidade	1.16538
Iteração 13				
Vazão Qo1	0.744		Vazão Qo1	0.726
Vazão Qo2	0.916		Vazão Qo2	1.054
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.741		Utilidade para vazão QI ₉₅	0.608
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.751		Utilidade para vazão QI ₈₀	0.734
Esperança da utilidade	1.30469		Esperança da utilidade	1.16537

Pela Tabela 8.17, partir da iteração de nº 12, a esperança da utilidade das vazões começa a reduzir, para pelo menos um dos usuários, inviabilizando as negociações. Portanto, para o quadro proposto, esse é o ponto ótimo de negociação.

No caso do Quadro II, mesmo com as bases negociais diferentes do Quadro I, verifica-se que as vazões resultantes das negociações atendem as expectativas referentes ao ano de 2030, em ambas as UGHs, conforme apresentado na Tabela 8.18.

Também as vazões de restrição de exutório, apresentadas na Tabela 8.16, foram plenamente atendidas.

Tabela 8.18–Resultados relativos ao Quadro II.

Vazões	UGH1					UGH2				
	Q outorgáveis [m ³ /s]		Q disponível exutório [m ³ /s]	Q Consumo [m ³ /s]		Q outorgáveis [m ³ /s]		Q disponível exutório [m ³ /s]	Q Consumo [m ³ /s]	
	Inicial	Final		2009	2030	Inicial	Final		2009	2030
Q1	0.755	0.745	0.751	0.012	0.016	0.715	0.725	1.469	0.447	0.676
Q2	0.900	0.915		0.349	0.529	1.070	1.055		0.179	0.272
TOTAL	1.655	1.660		0.361	0.545	1.785	1.780		0.626	0.948

O Quadro III, conforme a Tabela 8.19, utiliza a mesma relação de preços do Quadro I, porém, assumiu-se uma restrição de exutório, de maior vulto.

Tabela 8.19 -Parâmetros relativos ao Quadro III.

UGH 1		UGH 2	
Relação de preços [p1/p2]	1.19	Relação de preços [p1/p2]	1.76
Relação de preços [p2/p1]	0,84	Relação de preços [p2/p1]	0,56
Relação de durações [P1/P2]	1.19	Relação de durações [P1/P2]	1.19
Vazão QI ₉₅ [m ³ /s]	1.51	Vazão QI ₉₅ [m ³ /s]	1.43
Vazão QI ₈₀ [m ³ /s]	2.41	Vazão QI ₈₀ [m ³ /s]	2.50
Q1 [m ³ /s] = QI ₉₅	1.51	Q1 [m ³ /s] = QI ₉₅	1.43
Q2 [m ³ /s] = (QI ₉₅ - QI ₈₀)	0.90	Q2 [m ³ /s] = (QI ₉₅ - QI ₈₀)	1.07
K outorgável 1	0.50	K outorgável 1	0.50
k outorgável 2	1.00	k outorgável 2	1.00
Vazão outorgável 1 = Q ^o _{o1}	0.75	Vazão outorgável 1 = Q ^o _{o1}	0.72
Vazão outorgável 2 = Q ^o _{o2}	0.90	Vazão outorgável 2 = Q ^o _{o2}	1.07
Relação das vazões (Q ^o _{o1} / Q ^o _{o2})	0.84	Relação das vazões (Q ^o _{o1} / Q ^o _{o2})	0.67
α (alfa)	0.75	α (alfa)	0.72
β (beta)	0.99	β (beta)	0.02
Restrição de exutório (30% da Q ₈₀) [m ³ /s]	0,72	Restrição de exutório (30% da Q ₈₀) [m ³ /s]	1,47

Busca do ponto ótimo para o Quadro III

Tabela 8.20 - Simulação para o Quadro III.

UGH 1	Valores iniciais		UGH 2	
Vazão Qo1	0.755		Vazão Qo1	0.715
Vazão Qo2	0.900		Vazão Qo2	1.070
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.572		Utilidade para vazão QI ₉₅	0.709
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.680		Utilidade para vazão QI ₈₀	0.716
Esperança da utilidade	1.08763		Esperança da utilidade	1.24674
Iteração 1				
Vazão Qo1	0.754		Vazão Qo1	0.716
Vazão Qo2	0.901		Vazão Qo2	1.069
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.571		Utilidade para vazão QI ₉₅	0.709
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.681		Utilidade para vazão QI ₈₀	0.716
Esperança da utilidade	1.08763		Esperança da utilidade	1.24674
Iteração 2				
Vazão Qo1	0.753		Vazão Qo1	0.717
Vazão Qo2	0.902		Vazão Qo2	1.068
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.571		Utilidade para vazão QI ₉₅	0.709
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.682		Utilidade para vazão QI ₈₀	0.716
Esperança da utilidade	1.08783		Esperança da utilidade	1.24674
Iteração...				

Tabela 8.20 (Cont.) - Simulação para o Quadro III.

Iteração 132			
Vazão Qo1	0.646	Vazão Qo1	0.824
Vazão Qo2	1.045	Vazão Qo2	0.925
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.490	Utilidade para vazão QI ₉₅	0.712
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.788	Utilidade para vazão QI ₈₀	0.714
Esperança da utilidade	1.09623	Esperança da utilidade	1.24705
Iteração 133			
Vazão Qo1	0.645	Vazão Qo1	0.825
Vazão Qo2	1.046	Vazão Qo2	0.924
Utilidade para vazão QI ₉₅	0.489	Utilidade para vazão QI ₉₅	0.712
Utilidade para vazão QI ₈₀	0.789	Utilidade para vazão QI ₈₀	0.714
Esperança da utilidade	1.09623	Esperança da utilidade	1.24705

Conforme a Tabela 8.21, na iteração de nº 133, o processo é interrompido, pois a vazão disponível no exutório da UGH 1 passa a ficar abaixo da vazão de restrição. Deve-se voltar à iteração anterior e considerá-la como o ponto ótimo ou estabelecer um passo menor na variação de Q₀₁ e Q₀₂, buscando se aproximar do limite estabelecido. No ponto em que se considerar suficiente a aproximação, estará estabelecido o limite de trocas.

Tabela 8.21–Resultados relativos à iteração 133 do Quadro III.

Vazões	UGH 1					UGH2				
	Q outorgáveis [m ³ /s]		Q disponível exutório [m ³ /s]	Q Consumo [m ³ /s]		Q outorgáveis [m ³ /s]		Q disponível exutório [m ³ /s]	Q Consumo [m ³ /s]	
	Inicial	Final		2009	2030	Inicial	Final		2009	2030
Q1	0.755	0.645	0.710	0.012	0.016	0.715	0.825	1.470	0.447	0.676
Q2	0.900	1.046		0.349	0.529	1.070	0.924		0.179	0.272
TOTAL	1.655	1.691		0.361	0.545	1.785	1.749		0.626	0.948

Conforme a Tabela 8.22, referente à iteração de nº 132, a vazão no exutório atende o mínimo estabelecido para as duas UGHs. Mesmo que o processo de trocas tenha sido interrompido por uma restrição, as vazões demandas no ano de 2030 foram inferiores aos valores das vazões outorgáveis no final do processo.

Tabela 8.22–Resultados relativos à iteração 132 do Quadro III.

Vazões	UGH1					UGH2				
	Q outorgáveis [m ³ /s]		Q disponível exutório [m ³ /s]	Q Consumo [m ³ /s]		Q outorgáveis [m ³ /s]		Q disponível exutório [m ³ /s]	Q Consumo [m ³ /s]	
	Inicial	Final		2009	2030	Inicial	Final		2009	2030
Q1	0.755	0,646	0,720	0.012	0.016	0.715	0,824	1,470	0.447	0.676
Q2	0.900	1,045		0.349	0.529	1.070	0,925		0.179	0.272
TOTAL	1.655	1.691		0.361	0.545	1.785	1.749		0.626	0.948

As situações analisadas nos Quadros I e II mostram que o comportamento das vazões outorgáveis varia fortemente em decorrência da variação das relações de preços, apresentados em cada um deles, considerando que, em ambos os casos, as restrições nos exutórios não são fatores limitantes às negociações. Já a situação analisada no Quadro III mostra que, em virtude das restrições estabelecidas, a negociação interrompe-se, quando uma delas é atingida.

A Tabela 8.23 apresenta todos os dados de demanda e as possibilidades de outorga com base nos critérios tradicionais. Ao se considerar a vazão outorgável, como sendo trinta por cento da $Q_{7;10}$, já no início do período de planejamento, não seriam atendidas as demandas das UGHS. Mesmo se adotado trinta por cento da Q_{95} , na UGH 1 somente seria atendido parte do horizonte estabelecido e, na UGH 2, a demanda seria superior a oferta, desde o início do período.

Ainda na Tabela 8.23, aparecem todos os resultados obtidos nos três quadros analisados, considerando, conforme a metodologia proposta, a possibilidade de outorgar a água disponível em dois níveis de garantia. Conforme se pode observar, em todos eles, ocorreram sensíveis ganhos, para ambas as UGHs, permitindo que o sistema de gestão de recursos hídricos da bacia disponha de água outorgável em quantidade suficiente para atender a toda demanda projetada, dentro do horizonte de planejamento estabelecido.

Tabela 8.23- Demandas de água e disponibilidades de outorga (m^3/s).

UGH	ANO	VAZÕES DEMANDADAS (TOTAIS)	Vazão de demanda com menor garantia	Vazão de demanda com maior garantia	VAZÕES OUTORGÁVEIS TOTAIS		VAZÕES OUTORGÁVEIS (QUADRO I)		VAZÕES OUTORGÁVEIS (QUADRO II)		VAZÕES OUTORGÁVEIS (QUADRO III)	
					30% x $Q_{7;10}$	30% x Q_{95}	Menor Garantia	Maior Garantia	Menor Garantia	Maior Garantia	Menor Garantia	Maior Garantia
1	Inicial/2009	0,361	0,349	0,012	0,344	0,514	0,900	0,755	0,900	0,755	0,900	0,755
	Final/2030	0,545	0,529	0,016	0,344	0,514	1,101	0,602	0,915	0,745	1,045	0,646
2	Inicial/2009	0,626	0,179	0,447	0,329	0,491	1,070	0,715	1,070	0,715	1,070	0,715
	Final/2030	0,948	0,272	0,676	0,329	0,491	0,869	0,868	1,055	0,725	0,925	0,824

Ao final deste trabalho, estão apresentadas todas as iterações decorrentes da aplicação do método computacional de busca do ponto ótimo de permuta. O Anexo I refere-se à aplicação do método na bacia hipotética, descrita no capítulo 7, o Anexo II, refere-se à aplicação do método na área de estudos, considerando os três quadros descritos,

e o Anexo III, que se acha no CD anexo, apresenta o programa de busca computacional do ponto ótimo de troca.

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As contribuições significativas da presente pesquisa se referem, fundamentalmente, a dois grandes grupos:

- O primeiro se refere a uma revisão conceitual da outorga para usos consuntivos. Fez-se uma revisão bibliográfica, em que se observou a tendência de combinar técnicas de otimização com ações públicas que garantam a equidade (justiça social). Foram mostrados vários critérios de outorga, técnicos e econômicos. Evidenciou-se, também, a incoerência inerente ao modelo de outorga vigente, no qual a máxima vazão outorgável é um percentual da vazão afluenta, o que beneficia, sistematicamente, as regiões de jusante, que normalmente não são as maiores produtoras de água, e também não recompensa, naturalmente, as regiões de montante, por cederem parte de seu território para serviços ambientais, no caso, áreas de recarga e nascentes. Esse primeiro grupo de contribuições posiciona o trabalho no âmbito da literatura técnica e das práticas correntes na área de gestão de recursos hídricos e abre espaço para as contribuições contidas no segundo grupo;
- O segundo grupo traz, na visão do pesquisador, as mais significativas contribuições desta tese. Inicia-se pela proposta de se trabalhar com alocação territorial no longo prazo, em vez de se trabalhar, apenas, com os resultados alcançados com a prévia alocação territorial. O conceito proposto de riqueza hídrica foi fundamental, o que valoriza as regiões produtoras de água e motiva a implantação de programas de incentivo à produção de água, como proteção de nascentes e de áreas de recarga. Ao se diferenciar riqueza potencial de riqueza efetiva, reconhece-se o papel do poder público, sua dominialidade sobre a água e o dever de estabelecer uma política de outorga que garanta o atendimento de setores como o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas. O poder privado recebe o direito de uso de parte da água, seguindo a política pública (parcela outorgável) e tem “livre dispor” dessa parcela. Disso, veio a necessidade de desenvolver-se um modelo de negociação entre as regiões, no sentido de trocar direitos de uso de águas com diferentes garantias, em função das categorias de usuários presentes em cada uma delas. Escolheu-se o caminho da teoria do consumidor, o que não é comum, sendo usual trabalhar com os conceitos da teoria do produtor, notadamente com preços associados a grandes incertezas.

Também desenvolveu-se o modelo de otimização e a ferramenta metodológica. Parte-se de um equilíbrio de Nash e procura-se atingir o ótimo de Pareto, respeitando as restrições interregionais, quanto à transferência de água de uma região para outra, o que pode impor um segundo ótimo, factível, dadas as restrições nos exutórios. O processo de busca por incrementos foi eficiente e suficientemente rápido para o que se propõe.

Ainda no segundo grupo, apresenta-se outra proposta bastante inovadora, embora já citada por Souza Filho e Brown (2009), foi a de se dispor de dois “produtos” a outorgar, associados a diferentes riscos. A troca dá-se, portanto, entre as regiões onde esses dois produtos são produzidos. A proposta do consumidor elementar facilita a aplicação do modelo, uma vez que permite fazer comparações, por meio do “ β ”, entre diferentes comportamentos regionais de longo prazo.

A aplicação à região de Poços de Caldas foi especialmente interessante, uma vez que os problemas enfrentados pelo comitê, quanto à dificuldade de se ampliar a quantidade de água outorgável, em determinadas regiões da bacia, foi a fonte de inspiração desse trabalho. Na bacia do rio Lambari existe, em diferentes pontos, uma restrição real à concessão de novas outorgas, pois, como citado, pelos critérios adotados pelo órgão gestor estadual, os limites outorgáveis estão totalmente comprometidos.

A ferramenta metodológica desenvolvida é um instrumento importante e facilitador para o planejamento de longo prazo, mostrando ser possível uma evolução significativa do uso de recursos hídricos e plenamente aplicável a situação de discrepância como a abordada nesta tese, onde falta água outorgável em determinadas regiões da bacia, enquanto outras podem disponibilizá-las.

A aplicação e o controle das outorgas não foram temas abordados com profundidade, embora o texto proponha um método de controle por lâmina que deve ser mais bem estudado, seja do ponto de vista instrumental, ou segundo a visão do usuário. Há um espaço significativo para trabalhos que analisem a oportunidade de uso da água no momento em que outros não a utilizem. Essa seria uma água secundária, mas que pode ser providencial para algumas atividades.

O método proposto não se prende a trocas entre apenas duas regiões e pode, sem maiores dificuldades, ser expandido para um número genérico de regiões, visto não ter um problema de dimensionalidade, como em uma enumeração completa.

A prática das negociações entre as regiões de uma bacia hidrográfica, promovida pelo respectivo comitê de bacia, quando esse já estiver instalado, ou mesmo pelo órgão gestor, desde que tomados os devidos cuidados no sentido de integrar os demais segmentos no processo de negociação, será a melhor forma de se avaliarem e introduzirem melhorias no método proposto.

Finalmente, pode-se concluir que a ferramenta desenvolvida neste trabalho apresenta aos competidores diferentes cenários para a alocação territorial da água disponível na bacia, dependendo das premissas iniciais que pactuem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, Agência Nacional de Águas (2003). **Levantamento de usuários de recursos hídricos – Alto Rio São Francisco**. Superintendência de Fiscalização, Brasília, Brasil.
- ANA, Agência Nacional de Águas. (2007). **Diagnóstico da Outorga de Direito e Uso de Recursos Hídricos: Fiscalização dos usos de Recursos Hídricos no Brasil**. Cadernos de Recursos Hídricos, 4. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>. Acesso em junho de 2009.
- ALMEIDA, M. M., SALIM, F. C. e MENDONÇA, A. S. F. (2007). **Sistema de suporte à decisão para outorga de lançamento de efluentes e enquadramento**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, São Paulo, Brasil.
- ALVES, R. F. F. e CARVALHO, G. B. B. (org.). (2001). **Experiências de Gestão de Recursos Hídricos**. MMA/ANA, Brasília, Brasil. 204 p.
- ANA, Agência Nacional de Águas. (2004). **Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do Rio São Francisco**. ANA/GEF/PNUMA/OEA, Brasília, Brasil. 49 p.
- ASFORA, M. C. e CIRILO, J. A. (2005). **Reservatórios de regularização: alocação de água para usos múltiplos com diferentes garantias**. Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 2, n. 2, pp. 27-38.
- AYIBOTELE, N. B. (1992). **The word's water: Assessing the resource**. International Conference on Water and Environment Development issues for The 21st Century, Dublin, Irlanda.
- AZEVEDO, E. M. (2004). **Modelo Computacional de Teoria dos Jogos Aplicado aos Leilões Brasileiros de Energia Elétrica**. Tese de doutorado. FEM/UNICAMP, Campinas, Brasil.
- AZEVEDO, L. G. T., PORTO, R. L. e ZAHEG, K. F. (1997). **Modelos de Simulação e de Rede de Fluxo**. In: PORTO, R. L. et al., **Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos**, ABRH/UFRGS, 1^a Ed. , Porto Alegre, Brasil.
- BALTAR, A. M. (2001). **Sistema de Apoio à Decisão para Avaliação Econômica da Alocação de Recursos Hídricos: Aplicação à Barragem do Rio Descoberto**.

Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, Brasil.

- BALTAR, A. M. e CORDEIRO NETTO, O. M. (2001). **Sistema de apoio à decisão para a avaliação econômica da alocação de recursos naturais**. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Aracaju, Brasil.
- BARBOSA, P. S. F. (2002). **Modelos de Programação Linear em Recursos Hídricos**. In: PORTO, R. L. et al., Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos, ABRH/UFRGS, 2. Ed., Porto Alegre, Brasil.
- BARROS, J. R. e MELO, A. C. G. (2001). **Usando a Teoria dos Jogos Cooperativos para repartir Custos Associados a Serviços Ancilares – Os Casos da Reserva de Transformação e da Potência Reativa**. XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Campinas, Brasil.
- BARTH, F. T. (2002). **Aspectos Institucionais do Gerenciamento de Recursos Hídricos**, In: TUNDISI, J. G., BRAGA, B. e REBOUÇAS, A. C. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação, 2. ed., São Paulo, Brasil.
- BEEKMAN, G. B. (1999). **Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos**. II CA, Brasília, Brasil.
- BENETTI, A. D., LANNA, A. E. e COBALDRINI, M. S. (2002). **Metodologia para vazão ecológica em rio**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 2, pp. 149-160.
- BOHN, N., CERNESSON, F., RICHARD, S. e PINHEIRO, A. (2008). **Planos de recursos hídricos: Uma análise comparativa entre o SAGE (França) e o PBH (Brasil)**. Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 5, n. 1, pp. 39-50.]
- BRAGA, B., BARBOSA, P. S. F. e NAKAYAMA, P. T. (1998). **Sistema de suporte à decisão em Recursos Hídricos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, n. 3, pp. 73-95.
- BRASIL. (2003). **Novo Código Civil: texto comparado: código civil de 2002, código civil de 1916**. VENOSA, S. S. (org). Editora Atlas. 3ª Edição. 394 p.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. (2004). **Secretaria de Recursos Hídricos Recursos Hídricos: Conjunto de Normas legais**. 3. ed., Brasília, Brasil.
- CAMPOS, J. N. B. (1999). **Mercado de águas em áreas limitadas: uma experiência e uma proposta**. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Belo Horizonte, Brasil.

- CAMPOS, J. N. B., STUART, T. M. C. e COSTA, A. M. (2002). **Alocação e Realocação do Direito do Uso da Água: Uma Proposta de Modelo de Mercado Limitado no Espaço**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 2, pp. 5-16.
- CAMPOS, N., STUART, T. (orgs.). (2001). **Gestão das Águas – Princípios e Práticas**. ABRH, Porto Alegre, Brasil.
- CARRARO, C., MARCHIORI, C. e SGOBBI, A. (2005). **Applications of Negotiation Theory to Water Issues**. Fondazione Eni Enrico Mattei, Nota di Lavoro 65.2005. 45p.
- CARRERA FERNANDEZ, J. e GARRIDO, R. J. (2002). **Economia dos Recursos Hídricos**. Editora da UFBA, 1ª Ed., Salvador, Brasil. 458p.
- CHIAVENATO, I. e SAPIRO, A. (2003). **Planejamento Estratégico, Fundamentos e Aplicações**. Editora Elsevier, 1ª Ed., Rio de Janeiro, 415 p.
- CHRISTOFIDIS, D. (2003). **Recursos Hídricos, Irrigação e Segurança alimentar**. In: FREITAS, M. A, V. (org.). O Estado das Águas no Brasil – ANA, ANEEL, SRH, MMA, Brasília, Brasil. pp. 111-134.
- CHRISTOFIDIS, D. (2001). **Olhares sobre a Política de Recursos Hídricos no Brasil – O caso da bacia do Rio São Francisco**. Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, Brasil.
- CORDEIRO NETTO, O. M. e EID, N. J. (2003). **Indicadores para avaliação especial da disponibilidade e do uso e aproveitamento dos recursos hídricos**. In: FREITAS, M. A, V. (org.). O Estado das Águas no Brasil – ANA, ANEEL, SRH, MMA, Brasília, Brasil. pp. 233-246.
- COSTA, A. C. e CAMPOS, J. N. B. (2003). **Participação dos usuários na alocação da água nos reservatórios no Ceará: Os casos do Jaguaribe e Banabuiú em 2002**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Curitiba, Brasil.
- CRUZ, J. C. (2001). **Disponibilidade hídrica para outorga: Avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. Tese de Doutorado, IPH, UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
- CRUZ, J. C. e SILVEIRA, G. L. (2007). **Disponibilidade hídrica para outorga (I): avaliação por seção hidrológica de referência**. Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 4, n. 2, pp. 51-64.
- CRUZ, J. C. e SILVEIRA, G. L. (2007). **Disponibilidade hídrica para outorga (II): avaliação integrada por bacia**. Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 4, n. 2, pp. 65-76.

- CRUZ, J. C., DEWES, R., SILVEIRA, G. L. e CRUZ, R. C. (2006). **Estratégia evolutiva de outorga de uso da água: caso de usuários hidroagrícolas no Rio Grande do Sul.** Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 3, n. 1, pp. 5-16.
- CRUZ, J. C., SILVEIRA, G. L., SILVEIRA, A. L. L. e CRUZ, R. C. (2003). **Disponibilidade hídrica para outorga: Sistemática modular de avaliação.** In: FREITAS, M. A. V. (org.). O Estado das Águas no Brasil – ANA, ANEEL, SRH, MMA, Brasília, Brasil. pp. 297-308.
- DA SILVA, L. M. e LANNA, A. E. (1997). **Critérios de outorga de uso da água com base em modelagem agro-hidrológica: Metodologia e Aplicação (Bacia Rio Branco – BA).** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Vitória, Brasil.
- DA SILVA, S. R., FREIRE, P. K. C. e BARBOSA, D. L. (2002). **A outorga de direito de uso da água no Nordeste do Brasil.** VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió, Brasil.
- DE MORAES, M. G. A., CIRILO, J. A. e SAMPAIO, Y. (2005). **Apoio a decisão na gestão de recursos hídricos usando modelo econômico-hidrológico integrado para alocação ótima de água: Uma aplicação na bacia o Rio Pirapama.** XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, Brasil.
- DE MORAES, M. G. A., FILHO, B. E. M. e ROCHA, S. P. V. (2007). **Avaliação do mecanismo de outorga no alcance do ótimo social usando modelagem econômico-hidrológica integrada: O caso da bacia do Rio Pirapama.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, São Paulo, Brasil.
- DE MORAES, M. G. A., SAMPAIO, Y, CIRILO, J. A. e CAI, X. (2008). **Apoio à decisão na gestão de recursos hídricos usando modelo econômico-hidrológico integrado para alocação ótima de água: Uma aplicação na bacia do Rio Pirapama.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 13, n. 1, pp. 19-28.
- DE MORAES, M. M. G. A, CIRILO, J. A, SAMPAIO, Y e ROCHA S. P. V. (2006). **Gestão de recursos hídricos usando modelagem econômico - hidrológica integrada na identificação de alocação ótima de água entre usos múltiplos.** Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 3, n. 1, pp. 29-44.
- DE MORAES, M. M. G. A, CIRILO, J. A. e SAMPAIO, Y. (2004). **Integração dos componentes econômico e hidrológico na modelagem de alocação ótima de água**

- para apoio a gestão de recursos hídricos: uma aplicação na Bacia do Rio Pirapama.** XXXII Encontro Nacional de Economia, João Pessoa, Brasil.
- DICK, R. M. e MENDOZA, M. (1996). **Alternative Water Allocation Mechanisms: Indian and International Experiences.** Economic and Political Weekly, v. 31, n. 13, pp. A25-A30.
- DINAR, A., ROSEGRANT, M. W. e MEINZEN-DICK, R. (1997). **Water Allocation Mechanisms – Principles and Examples.** World Bank, Agriculture and Rural Development Department, Washington, DC. 43 p.
- DINAR, A., ALBIAC, J. e SÁNCHEZ-SORIANO, J. (2008). **Game Theory and Policy Making in Natural Resources and the Environment.** Editora Routledge. Nova York. 368p.
- DINAR, A., KEMPER, K., BLONQUEST, W., DIEZ, M., SINE, G. e FRU, W. (2005). **Decentralization of River Basin Management – A Global Analysis.** World Bank, Agriculture and Rural Development Department, Washington, DC.
- ENVIRONMENT AGENCY.(2008). **Alternative ways to allocate water.** 38p. Disponível em: <http://www.environment-agency.gov.uk/>. Acesso em julho de 2009.
- EVANS, D. J. (2005). **The U.S. regulatory experience with emphasis on water regulation.** Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 2, n. 1, pp. 73-81.
- FAUCHEUX, S. e NOËL, J. F. (1995). **Économie Des Ressources Naturelles et De L’Environnement.** Armand Colin Éditeur, Paris. 370 p.
- FERREIRA, C. M. e SILVA, D. J. (2007). **Aplicação de um sistema de suporte a decisão para análise de critérios de outorga de água na bacia hidrográfica do Rio Canoas - SC.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, São Paulo, Brasil.
- FIANE, R. (2006). **Teoria dos Jogos: Com aplicações em Economia, Administração e Ciências Sociais.** Editora Elsevier, 2ª Ed., Rio de Janeiro, 388p.
- FONSECA, A. F. C e FILHO, J. F. P. (2006). **Um importante episódio na história da gestão dos recursos hídricos no Brasil: O controle da coroa portuguesa sobre o uso da água nas minas ouro coloniais.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 11, n. 3, pp. 5-14.
- FORD, S., BUTCHER, G., EDMONDS, K. e BRAGGINGS, A. (2001). **Economic efficiency of water allocation.** Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), Technical Paper n. 2001/7, Nova Zelândia. 44p.

- FREITAS, M. A. S. (2003). **Alocação negociada de águas na bacia hidrográfica do Rio Gorotuba (Reservatório Bico da Pedra) – Minas Gerais**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Curitiba, Brasil.
- GARJULLI, R. A., DE OLIVEIRA, J. L. F., DA SILVA, U. P. A. e RODRIGUES, H. E. (1995). **Proposta metodológica para a organização de usuários de água - A experiência do Ceará**. XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Recife, Brasil.
- GARJULLI, R. A., MAGALHÃES, B. S., TEIXEIRA, V. M. R. S., SILVA, R. C. B. e ALVES, R. F. F.(2001). **Oficina Temática: Gestão Participativa dos Recursos Hídricos – Relatório**. PROÁGUA/ANA, Aracajú, Brasil.
- GETIRANA, A. C. V., AZEVEDO, J. P. S. e MAGALHÃES, P. C. (2007). **Conflitos pelo uso da água no setor agrícola do Norte Fluminense (I): Propostas de soluções e análises através de programação linear**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 12, n. 2, pp. 27-38.
- GETIRANA, A. C. V., AZEVEDO, J. P. S. e MAGALHÃES, P. C. (2007). **Conflitos pelo uso da água no setor agrícola do Norte Fluminense (II): Processo decisório através do Modelo Grafo para a solução de conflitos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 12, n. 2, pp. 39-50.
- GISLER, C. V. T., DEBERT, G. L. B., DA SILVA, L. M. C. e MELO, J. S. C. (2003). **Proposta de critério para emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos para piscicultura em tanques-rede**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Curitiba, Brasil.
- GODET, M. (2000). **A Caixa de Ferramentas da Prospectiva Estratégica. Tradução Júlio Dias e Pedro Ramalhete**. CEPES - Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégia, Lisboa, Portugal.
- GRANZIERA, M. L. M. (2001). **Direito da Águas: Disciplina Jurídica das Águas Doces**. Editora Atlas, 2ª Ed., São Paulo, Brasil. 249p.
- HARDIN, G. (1968). **The Tragedy of the Commons**. Science, v. 162, n. 3859, pp. 1243-1248.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2009). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em junho de 2009.
- ITURRI, M. P. (1999). **Los Recursos de Água y Suelos para la Agricultura y el Desarrollo Rural**. Revista Comunnica, ano 4, nº 11, IICA.

- JUNIOR, L.U.R. (2004). **Contribuições Metodológicas visando à outorga do uso de recursos hídricos para a geração hidrelétrica.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá.
- KELMAN, J. (1999). **Outorga e Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos.** In: FREITAS, M. A, V. (org.). O Estado das Águas no Brasil – ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME, Brasília, Brasil. pp. 45-48.
- KELMAN, J. (2000). **Evolution of Brazil's Water Management System.** In: CANALI, G. V. Water Resources Management, ABRH/ IWRA.
- KELMAN, J. e KELMAN R. (2001). **Alocação de água para produção econômica em região semi-árida.** In: MAGRINI, A. SANTOS, M. A. (org.). Gestão ambiental de bacias hidrográficas. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Climáticas. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- KEMPER, K.; DINAR, A. e BLONQUIST, W. (org.). (2005). **Institutional and Policy Analysis of River Basin Management Decentralization.** World Bank, Washington, DC.
- KETTELHULT, J. T. S., RODRIGUEZ, F. A., GARRIDO, R. J., PAIVA, F., NETO, O. C. e RIZZO, H. (1999). **A cobrança e a outorga pelo uso da água.** In: FREITAS, M. A, V. (org.). O Estado das Águas no Brasil – ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME, Brasília, Brasil. pp. 37-44.
- KETTELHUT, J. T. S. (1999). **Experiência de Gestão Descentralizada de Recursos Hídricos.** In: FREITAS, M. A, V. (org.). O Estado das Águas no Brasil – ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME, Brasília, Brasil. pp. 225-234.
- LABADIE, J. W. (1998). **Program ModSIM: River basin network flow model for the microcomputer.** University of Colorado. Estados Unidos.
- LANNA, A. E, PEREIRA, J. S. e DA SILVA, L. M. (1997). **Análise de critérios de outorga de direitos de uso da água.** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Vitória, Brasil.
- LANNA, A. E. e ALMEIDA, J. P. (1991) **Estimativa de necessidade de irrigação por balanço hídrico diário.** Programa Balhidro – Manual do usuário, versão 2. IPH/UFRGS. 37p.
- LANNA, A. E. L. (1997). **Cap1: Introdução.** In: PORTO, R. L. L. (org.). Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. Editora da Universidade, UFRGS, ABRH, Porto Alegre, Brasil.

- LEE, T. R. e JOURAVLEV, A. S. (2005). **Prices, property and markets in water allocation**. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), United Nations. Disponível em: <http://www.eclac.org/>. Acesso em agosto de 2009.
- LEITÃO, A. E. e HENRIQUES, A. G. (2002). **Gestão dos Recursos Hídricos em Portugal nos últimos 25 anos. Deriva histórica, Tendências actuais e Perspectivas futuras**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 7, n. 4, pp. 23-37.
- LEJANO, R. P. e DAVOS, C. A. (1999). **Cooperative solutions for sustainable resource management**. Environmental Management, v. 24, n. 2, pp. 167-175.
- LI, X., SHI, H. e LIN, X. (2006). **Modeling of water resources allocation regimes with a case study of the Yellow River Basin**. 6th Meeting on Game Theory and Practice. Zaragoza, Spain.
- LIAZI, A., MANCUSO, M. A., CAMPOS, J. E., ROCHA, G. (2007). **Outorga integrada: Águas superficiais e águas subterrâneas**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, São Paulo, Brasil.
- LIMA, G., BOLDRIN, R. S., CASTRO, M. A. S., SOUZA, M. P. e MAUAD, F. F. (2005). **Critérios técnicos para outorga de direito de uso de recursos hídricos**. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, Brasil.
- LIMA, G., PEIXOTO, L. S. e MAUAD, F. F. (2001). **Modelos de simulação no planejamento e gerenciamento de recursos hídricos**. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Aracaju, Brasil.
- LOPES, A. V. e FREITAS, M. A. S. (2007). **A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras**. Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 4, n. 1, pp. 5-28.
- LYRA, F. J., CARVALHO, M. e THOMAS, P. (2001). **Um sistema de informações e apoio à outorga para a bacia do Rio Paraíba do Sul**. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Aracaju, Brasil.
- MACHADO, C. J. S. (2003). **A gestão francesa de recursos hídricos: Descrição e análise dos princípios jurídicos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 8, n. 4, pp. 31-47.
- MACHADO, C. J. S. (org.). (2004). **Gestão de Águas Doces**. Editora Interciência, 1^a Ed., Rio de Janeiro, 372 p.

- MANSFIELD, E. (1978). **Microeconomia: teoria e aplicações**. Tradução de José Eduardo Freitas e Mario da Fonseca Gelli. Editora Campus, 1ª Ed. Rio de Janeiro. 480 p.
- MAS-COLLEL, A., WHINSTON, M. D. e GREEN, J. R. (1995). **Microeconomic Theory**. Oxford University Press, Oxford.
- MEDEIROS, M. J. e NAGHETTINI, M. (2001). **Análise de viabilidade de aplicação de um fator de correção anual para o critério de vazão de outorga adotado no estado de Minas Gerais**. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Aracaju, Brasil.
- MEIRELLES, H. M. (2003). **Direito Administrativo Brasileiro**. Editora Malheiros. 28ª Ed., São Paulo.
- MELLO JUNIOR, A. V., PORTO, R. L., SCHARDONG, A. e ROBERTO, A. N. (2005). **Aplicação do método de pontos interiores para otimização de sistema de recursos hídricos**. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, Brasil.
- MENDÈZ, E. Z. (2004). **Mercado de aguas: viabilida y potencialidades de um instrumento para la reforma de la gestión hídrica em el Perú**. Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 1, n. 1, pp. 105-125.
- MIMI, Z. A. e SAWALHI, B. I. (2003). **A decision tool for allocating the waters the of Jordan River Basin between all Riparian Parties**. Water Resource Management. v. 17, n. 6. pp. 447-461.
- MODY, J. (2004). **Achieving Accountability through Decentralization – Lessons for Integrated River Basin Management**. World Bank, Agriculture and Rural Development Department, Washington, DC.
- MOREIRA, R. M. e KELMAN, J. (2003). **Alocação de recursos hídricos baseada no custo de oportunidades dos usuários**. In: FREITAS, M. A, V. (org.). O Estado das Águas no Brasil – ANA, ANEEL, SRH, MMA, Brasília, Brasil. pp. 179-193.
- NASH, J. (1951). **Non-cooperative games**. Annals of Mathematic, n. 54, Princeton University, Washington, DC.
- NUNES, R. A. e PORTO, R. L. L. (1999). **Sistema generalizado para análises de água em bacias hidrográficas – ModSIM P32: Manual do Usuário**. Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões. EPUSP, São Paulo.
- ONS, Operador Nacional do Sistema. (2003). **Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional**

- (SIN). Relatório Final – Metodologia e Resultados Consolidados. Consórcio FAHMA-DREER, Brasília, Brasil.
- PAGLIETT, L. e GIL, G. (2008). **El Valor del Agua en el Proceso Productivo. Análisis en la Cuenca del Rio Miriñai.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 3, pp.165-175.
- PAIVA, M. F. A., CIRILO, J. A. e ASFORA, M. C. (2001). **O mercado de águas na gestão dos recursos hídricos no Brasil – Breves considerações sobre a sua aplicação para o usuário – pagador.** XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Aracaju, Brasil.
- PARRACHINO, I., DINAR, A. e PATRONE, F. (2006). **Cooperative Game Theory and its application to natural, environmental and water resource issues: Application to water resources.** World Bank, WPS4074. Disponível em: <http://www.worldbank.org/> Acesso em janeiro de 2009.
- PARKER, T. (1943). **Allocation of the Tennessee Valley Authority projects.** Transactions of the American Society of Civil Engineers. v. 108, pp. 174-187.
- PEREIRA, J. S. (1996). **Análise de Critérios de outorga e de cobrança pelo uso da água na bacia do Rio dos Sinos – RS.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- PICARD, P. (2002). **Eléments de microéconomie – Théorie et applications, 6^a Ed.** Editions Montchrestien E. J. A., Paris.
- POMPERMAYER, R. S., JÚNIOR, D. R. P. e NETTO, O. M. C. (2007). **Análise multicritério como instrumento de gestão de recursos hídricos: O caso das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 12, n. 3, pp. 117-128.
- POMPEU, C. T. (2000). **O suporte judiciário legal.** In: THAME, A. C. M. A cobrança pelo uso da água bruta, Editora IGUAL.
- PORTO, C., NASCIMENTO, E., AGUIAR, E., VENTURA, R. e BUARQUE, S. (2005). **Quatro Cenários para o Brasil, 2005 - 2007.** Editora Garamond, Rio de Janeiro, Brasil.
- PORTO, R. L. L. e AZEVEDO, L. G. T. (1997). **Cap2: Sistemas de Suporte a Decisões Aplicados a Problemas de Recursos Hídricos.** In: Porto, R. L. L. (org.). Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. Editora da Universidade, UFRGS, ABRH, Porto Alegre, Brasil.

- PORTO, R. L. L. e ROBERTO, A. N. (1999). **Alocação da Água entre Múltiplos Usos em uma Bacia Hidrográfica**. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- REBOUÇAS, A. C. (2002). **Água Doce no Mundo e no Brasil**. TUNDISI, J. G., BRAGA, B. e REBOUÇAS, A. C. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação, 2. ed., São Paulo, Brasil.
- RIBEIRO, M. M. R. e LANNA, A. E. L. (2003). **A outorga integrada das vazões de captação e diluição**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 8, n. 3, pp. 151-168.
- RINGLER, C. (2001). **Optimal water allocation in the Mekong River Basin**. ZEF. Discussion Papers on Development Policy, n. 38, 50p.
- ROBERTO, A. N. (2002). **Modelo de Rede de Fluxo para Alocação da Água entre Múltiplos Usos em uma Bacia Hidrográfica**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, Brasil.
- ROBERTO, A. N. e PORTO, R. L. L. (2001). **O sistema ModSim LS: um modelo de rede de fluxo para simulação de bacias hidrográficas**. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Aracajú, Brasil.
- ROBERTO, A. N. e PORTO, R. L. L. (1999). **Alocação da água entre múltiplos usos em uma bacia hidrográfica**. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Belo Horizonte, Brasil.
- ROBERTO, A. N., PORTO, R. L. L. e NETO, H. L. (2007). **Plataforma generalizada para análise de outorga para catação de água e para lançamento de efluentes**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, São Paulo, Brasil.
- RODRIGUES, R. B., PORTO, M. (1999). **Modelo matemático proposto para auxílio nos processos de outorga e cobrança pelo uso da água**. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Belo Horizonte, Brasil.
- ROSSETTI, J. P. (2003). **Introdução à Economia**. Editora Atlas, 20^a Ed., São Paulo, Brasil. 930 p.
- ROUSE, H. e INCE, S. (1963). **History of hydraulics**. Dover Publications. Nova York.
- SALETH, R. M., BRADEN, J. B. e EHEART, J. W. (1991). **Bargaining rules for a thin spot water market**. Land Economics, v. 67, n. 3, pp. 326-339.
- SCHVARTZMAN, A. S., MEDEIROS, M. J., NASCIMENTO, N. O. e NAGHETTINI, M. (1999). **Avaliação preliminar do critério de outorga adotado no estado de**

- Minas Gerais.** XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Belo Horizonte, Brasil.
- SEBRAE, Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (1997). **Poços de Caldas: Diagnóstico Municipal.** Poços de Caldas, MG. 226p.
- SETTI, A. A., LIMA, J. E. F. W. CHAVES, A. G. M., PEREIRA, I. C. (2001). **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** ANEEL/ANA, Brasília, Brasil.
- SHIKLOMANOV, I. A. (1997). **Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World, Assessment of Water Resources and Water Availability in the world.**WMO/SEI, United Nations.
- SHIKLOMANOV, I. A. (1998).**World Water Resources – A New Appraisal an assessment for the 21st Century.**IHP/UNESCO, United Nations.
- SILVA, L.M.C.; MONTEIRO, R.A. 2004. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens.** In: MACHADO, C.J.S. (Org.). Gestão de águas doces: usos múltiplos, políticas públicas e exercício da cidadania no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência. cap. 5, p. 135-178.
- SIMON, B. e ANDERSON, D. (1990) **Water auction as anal location mechanism in Vitoria, Australia.** Water Resources Bulletin, v. 26, n. 3.
- SOARES JR., P. R., NETTO, O. M. C. e NOGUEIRA, J. M. (2003). **As licenças comercializáveis e os mercados de água: fundamentação teórica e estudos de caso.** XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Curitiba, Brasil.
- SOUSA JUNIOR, W. C. (2004). **Gestão das Águas no Brasil: reflexões, diagnósticos e desafios.** Instituto Internacional de Educação do Brasil. Editora Peirópolis. São Paulo, Brasil.
- SOUZA FILHO, F. A. (2005). **Alocação de Água Sazonal e Anual: Modelos Matemáticos, Experimentação Comportamental e Justiça Alocativa.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SOUZA FILHO, F. A. (2008). **Alocação Administrativa de Água: Modelagem Matemática do Comportamento do Usuário Caroneiro e da Agência Auto-Interessada em Jogos Estratégicos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 2. pp. 189-203.

- SOUZA FILHO, F. A. e BROWN, C.M. (2009) **Performance of water policy reforms under scarcity conditions: a case study in Northeast Brazil**. *Water policy*, v. 11, p. 553.
- SOUZA FILHO, F. A. e PORTO, R. (2005). **A justiça alocativa e critérios de avaliação dos mecanismos de alocação**. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, Brasil.
- SOUZA FILHO, F. A. e PORTO, R. (2005). **Alguns condicionantes legais à alocação de água**. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, Brasil.
- SOUZA FILHO, F. A. e PORTO, R. (2005). **Modelo de alocação comando e controle: MACC utilizando a Teoria dos Jogos – Uma proposta**. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, João Pessoa, Brasil.
- SOUZA FILHO, F. A. e PORTO, R. (2008). **Mercado de Água e o Estado: Lições da Teoria dos Jogos**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 4. pp. 83-98.
- STRAFFIN, P. e HEANEY, J. (1981). **Game theory and Tennessee Valley Authority**. *International Journal of Game Theory*. v. 10, n. 1, pp. 35-43.
- STUDART, T. M. C., CAMPOS, J. N. B. e COSTA, A. M. A. (1997). **A alocação e o uso dos recursos hídricos no Ceará**. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Vitória, Brasil.
- THOMAS, P., MAGALHÃES, P. C. e AZEVEDO, J. P. S. (2003). **Proposta de uma metodologia de cobrança pelo uso da água vinculada à escassez**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Curitiba, Brasil.
- TISDELL, J. G. e HARRISON, S. R. (1992). **Estimating an optimal distribution of water entitlements**. *Water Resources Research*, v. 28, n. 12, pp. 3111-3117.
- TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. (2007). **Hidrologia: ciência e aplicação** – 4. Ed – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH.
- VARIAN, H. R. (1992). **Microeconomic Analysis**. Norton Company, 3ª Ed., Nova York, USA.
- VERGARA, F. E. e NETTO, O. M. C. (2007). **A construção de cenários prospectivos no planejamento dos recursos hídricos: O caso da bacia do Rio do Sono no Rio Tocantins, Brasil**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, São Paulo, Brasil.

- VIANA, P. C. G. (2007). **Bacia hidrográfica e os territórios de gestão de águas: estudo de caso da sub-bacia do Riacho Jacaré do baixo São Francisco**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Sergipe, Aracajú. 236 p.
- VIEIRA, V. P. P. B (2001). **Análise de Risco**. In: CAMPOS, N. ESTUDARD, T. (orgs.). *Gestão das Águas – Princípios e Práticas*. ABRH, Porto Alegre, Brasil.
- VIEIRA, V. P. P. B (2005). **Análise de Risco em Recursos Hídricos-Fundamentos e Aplicações**. ABRH, Porto Alegre, Brasil.
- VON NEUMANN, J. e MORGENSTERN, O. (1944). **The Theory of Games and Economic Behavior**. Princeton University Press, Princeton.
- WACK, P. (1985). **Scenarios: Uncharted Water Ahead**. S/I, Harvard Business Review. v. 63, n. 5, pp. 73-89.
- WATKINS, M. (2004). **Negociação**. Tradução Cristina de Assis Serra. 1ª Ed., Editora Record, 206 p.
- WORLD BANK. (1999). **Water challenge and Institutional Response**. Policy Research Working Paper, 2045. Disponível em: <http://www.worldbank.org/> Acesso em janeiro de 2009.

ANEXOS

ANEXO I – ITERAÇÕES DECORRENTES DA APLICAÇÃO DO MÉTODO COMPUTACIONAL DE BUSCA ENTRE AS UGHs 1 E 2 (BACIA HIPOTÉTICA)

Tabela I.1 – Simulação computacional para as UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).

Valores iniciais			
Vazão Qo1	0,060	Vazão Qo1	0,120
Vazão Qo2	0,480	Vazão Qo2	0,800
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,021
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,100
Esperança da utilidade	0,03933	Esperança da utilidade	0,09997
Iteração 1			
Vazão Qo1	0,061	Vazão Qo1	0,119
Vazão Qo2	0,478	Vazão Qo2	0,802
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,021
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,100
Esperança da utilidade	0,03933	Esperança da utilidade	0,10002
Iteração 2			
Vazão Qo1	0,061	Vazão Qo1	0,119
Vazão Qo2	0,478	Vazão Qo2	0,802
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,021
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,100
Esperança da utilidade	0,03934	Esperança da utilidade	0,10002
Iteração 3			
Vazão Qo1	0,062	Vazão Qo1	0,118
Vazão Qo2	0,476	Vazão Qo2	0,804
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,021
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,100
Esperança da utilidade	0,03934	Esperança da utilidade	0,10007
Iteração 4			
Vazão Qo1	0,062	Vazão Qo1	0,118
Vazão Qo2	0,475	Vazão Qo2	0,805
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,021
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,100
Esperança da utilidade	0,03935	Esperança da utilidade	0,10007
Iteração 5			
Vazão Qo1	0,063	Vazão Qo1	0,117
Vazão Qo2	0,473	Vazão Qo2	0,807
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,021
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101
Esperança da utilidade	0,03935	Esperança da utilidade	0,10012
Iteração 6			
Vazão Qo1	0,063	Vazão Qo1	0,117
Vazão Qo2	0,473	Vazão Qo2	0,807
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,021
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101
Esperança da utilidade	0,03936	Esperança da utilidade	0,10012
Iteração 7			
Vazão Qo1	0,064	Vazão Qo1	0,116
Vazão Qo2	0,471	Vazão Qo2	0,809
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,020
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101
Esperança da utilidade	0,03936	Esperança da utilidade	0,10017
Iteração 8			
Vazão Qo1	0,064	Vazão Qo1	0,116
Vazão Qo2	0,470	Vazão Qo2	0,810
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,020
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101
Esperança da utilidade	0,03936	Esperança da utilidade	0,10017
Iteração 9			
Vazão Qo1	0,065	Vazão Qo1	0,115
Vazão Qo2	0,468	Vazão Qo2	0,812
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,020
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101
Esperança da utilidade	0,03936	Esperança da utilidade	0,10022
Iteração 10			
Vazão Qo1	0,065	Vazão Qo1	0,115
Vazão Qo2	0,468	Vazão Qo2	0,812
Utilidade para vazão QI95	0,010	Utilidade para vazão QI95	0,020
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101
Esperança da utilidade	0,03937	Esperança da utilidade	0,10022
Iteração 11			
Vazão Qo1	0,066	Vazão Qo1	0,114
Vazão Qo2	0,466	Vazão Qo2	0,814
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101
Esperança da utilidade	0,03937	Esperança da utilidade	0,10027

Tabela I.1 (Cont.) – Simulação computacional para as UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).

Iteração 12				Iteração 19			
Vazão Qo1	0,067	Vazão Qo1	0,113	Vazão Qo1	0,071	Vazão Qo1	0,109
Vazão Qo2	0,465	Vazão Qo2	0,815	Vazão Qo2	0,456	Vazão Qo2	0,824
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020	Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,101	Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,102
Esperança da utilidade	0,03938	Esperança da utilidade	0,10027	Esperança da utilidade	0,03940	Esperança da utilidade	0,10044
Iteração 13				Iteração 20			
Vazão Qo1	0,067	Vazão Qo1	0,113	Vazão Qo1	0,071	Vazão Qo1	0,109
Vazão Qo2	0,463	Vazão Qo2	0,817	Vazão Qo2	0,456	Vazão Qo2	0,824
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020	Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,019
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,102	Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,102
Esperança da utilidade	0,03938	Esperança da utilidade	0,10031	Esperança da utilidade	0,03941	Esperança da utilidade	0,10044
Iteração 14				Iteração 21			
Vazão Qo1	0,068	Vazão Qo1	0,112	Vazão Qo1	0,072	Vazão Qo1	0,108
Vazão Qo2	0,463	Vazão Qo2	0,817	Vazão Qo2	0,454	Vazão Qo2	0,826
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020	Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,019
Utilidade para vazão QI80	0,037	Utilidade para vazão QI80	0,102	Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,103
Esperança da utilidade	0,03939	Esperança da utilidade	0,10031	Esperança da utilidade	0,03941	Esperança da utilidade	0,10048
Iteração 15				Iteração 22			
Vazão Qo1	0,068	Vazão Qo1	0,112	Vazão Qo1	0,072	Vazão Qo1	0,108
Vazão Qo2	0,461	Vazão Qo2	0,819	Vazão Qo2	0,453	Vazão Qo2	0,827
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020	Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,019
Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,102	Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,103
Esperança da utilidade	0,03939	Esperança da utilidade	0,10036	Esperança da utilidade	0,03942	Esperança da utilidade	0,10048
Iteração 16				Iteração 23			
Vazão Qo1	0,069	Vazão Qo1	0,111	Vazão Qo1	0,073	Vazão Qo1	0,107
Vazão Qo2	0,460	Vazão Qo2	0,820	Vazão Qo2	0,452	Vazão Qo2	0,828
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020	Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,019
Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,102	Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,103
Esperança da utilidade	0,03940	Esperança da utilidade	0,10036	Esperança da utilidade	0,03942	Esperança da utilidade	0,10051
Iteração 17				Iteração 24			
Vazão Qo1	0,070	Vazão Qo1	0,110	Vazão Qo1	0,073	Vazão Qo1	0,107
Vazão Qo2	0,459	Vazão Qo2	0,821	Vazão Qo2	0,451	Vazão Qo2	0,829
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020	Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,019
Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,102	Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,103
Esperança da utilidade	0,03940	Esperança da utilidade	0,10040	Esperança da utilidade	0,03943	Esperança da utilidade	0,10051
Iteração 18				Iteração 25			
Vazão Qo1	0,070	Vazão Qo1	0,110	Vazão Qo1	0,074	Vazão Qo1	0,106
Vazão Qo2	0,458	Vazão Qo2	0,822	Vazão Qo2	0,449	Vazão Qo2	0,831
Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,020	Utilidade para vazão QI95	0,011	Utilidade para vazão QI95	0,019
Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,102	Utilidade para vazão QI80	0,036	Utilidade para vazão QI80	0,103
Esperança da utilidade	0,03940	Esperança da utilidade	0,10040	Esperança da utilidade	0,03943	Esperança da utilidade	0,10055

Tabela I.1 (Cont.) – Simulação computacional para as UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).

Iteração 40				Iteração 47			
Vazão Qo1	0,082	Vazão Qo1	0,098	Vazão Qo1	0,086	Vazão Qo1	0,094
Vazão Qo2	0,433	Vazão Qo2	0,847	Vazão Qo2	0,425	Vazão Qo2	0,855
Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,018	Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,017
Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,105	Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,106
Esperança da utilidade	0,03947	Esperança da utilidade	0,10077	Esperança da utilidade	0,03948	Esperança da utilidade	0,10086
Iteração 41				Iteração 48			
Vazão Qo1	0,083	Vazão Qo1	0,097	Vazão Qo1	0,086	Vazão Qo1	0,094
Vazão Qo2	0,431	Vazão Qo2	0,849	Vazão Qo2	0,424	Vazão Qo2	0,856
Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,018	Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,017
Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,105	Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,106
Esperança da utilidade	0,03947	Esperança da utilidade	0,10079	Esperança da utilidade	0,03949	Esperança da utilidade	0,10086
Iteração 42				Iteração 49			
Vazão Qo1	0,083	Vazão Qo1	0,097	Vazão Qo1	0,087	Vazão Qo1	0,093
Vazão Qo2	0,431	Vazão Qo2	0,849	Vazão Qo2	0,422	Vazão Qo2	0,858
Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,018	Utilidade para vazão QI95	0,013	Utilidade para vazão QI95	0,017
Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,105	Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,106
Esperança da utilidade	0,03948	Esperança da utilidade	0,10079	Esperança da utilidade	0,03949	Esperança da utilidade	0,10088
Iteração 43				Iteração 50			
Vazão Qo1	0,084	Vazão Qo1	0,096	Vazão Qo1	0,087	Vazão Qo1	0,093
Vazão Qo2	0,429	Vazão Qo2	0,851	Vazão Qo2	0,422	Vazão Qo2	0,858
Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,018	Utilidade para vazão QI95	0,013	Utilidade para vazão QI95	0,017
Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,105	Utilidade para vazão QI80	0,034	Utilidade para vazão QI80	0,106
Esperança da utilidade	0,03948	Esperança da utilidade	0,10082	Esperança da utilidade	0,03949	Esperança da utilidade	0,10088
Iteração 44				Iteração 51			
Vazão Qo1	0,084	Vazão Qo1	0,096	Vazão Qo1	0,088	Vazão Qo1	0,092
Vazão Qo2	0,428	Vazão Qo2	0,852	Vazão Qo2	0,420	Vazão Qo2	0,860
Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,018	Utilidade para vazão QI95	0,013	Utilidade para vazão QI95	0,017
Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,105	Utilidade para vazão QI80	0,034	Utilidade para vazão QI80	0,106
Esperança da utilidade	0,03948	Esperança da utilidade	0,10082	Esperança da utilidade	0,03949	Esperança da utilidade	0,10090
Iteração 45				Iteração 52			
Vazão Qo1	0,085	Vazão Qo1	0,095	Vazão Qo1	0,088	Vazão Qo1	0,092
Vazão Qo2	0,427	Vazão Qo2	0,853	Vazão Qo2	0,420	Vazão Qo2	0,860
Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,017	Utilidade para vazão QI95	0,013	Utilidade para vazão QI95	0,017
Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,105	Utilidade para vazão QI80	0,034	Utilidade para vazão QI80	0,106
Esperança da utilidade	0,03948	Esperança da utilidade	0,10084	Esperança da utilidade	0,03950	Esperança da utilidade	0,10090
Iteração 46				Iteração 53			
Vazão Qo1	0,085	Vazão Qo1	0,095	Vazão Qo1	0,089	Vazão Qo1	0,091
Vazão Qo2	0,426	Vazão Qo2	0,854	Vazão Qo2	0,418	Vazão Qo2	0,862
Utilidade para vazão QI95	0,012	Utilidade para vazão QI95	0,017	Utilidade para vazão QI95	0,013	Utilidade para vazão QI95	0,017
Utilidade para vazão QI80	0,035	Utilidade para vazão QI80	0,105	Utilidade para vazão QI80	0,034	Utilidade para vazão QI80	0,106
Esperança da utilidade	0,03948	Esperança da utilidade	0,10084	Esperança da utilidade	0,03950	Esperança da utilidade	0,10092

Tabela I.1 (Cont.) – Simulação computacional para as UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).

Iteração 54				Iteração 61			
Vazão Qo1	0,089	Vazão Qo1	0,091	Vazão Qo1	0,093	Vazão Qo1	0,087
Vazão Qo2	0,418	Vazão Qo2	0,862	Vazão Qo2	0,410	Vazão Qo2	0,870
Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,017	Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016
Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,106	Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107
Esperança da utilidade	0,03950	Esperança da utilidade	0,10092	Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10099
Iteração 55				Iteração 62			
Vazão Qo1	0,090	Vazão Qo1	0,090	Vazão Qo1	0,094	Vazão Qo1	0,086
Vazão Qo2	0,416	Vazão Qo2	0,864	Vazão Qo2	0,409	Vazão Qo2	0,871
Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,017	Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016
Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,106	Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107
Esperança da utilidade	0,03950	Esperança da utilidade	0,10094	Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10099
Iteração 56				Iteração 63			
Vazão Qo1	0,091	Vazão Qo1	0,089	Vazão Qo1	0,095	Vazão Qo1	0,085
Vazão Qo2	0,415	Vazão Qo2	0,865	Vazão Qo2	0,407	Vazão Qo2	0,873
Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,017	Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016
Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,106	Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107
Esperança da utilidade	0,03950	Esperança da utilidade	0,10094	Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10100
Iteração 57				Iteração 64			
Vazão Qo1	0,091	Vazão Qo1	0,089	Vazão Qo1	0,095	Vazão Qo1	0,085
Vazão Qo2	0,414	Vazão Qo2	0,866	Vazão Qo2	0,407	Vazão Qo2	0,873
Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016	Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016
Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107	Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107
Esperança da utilidade	0,0395	Esperança da utilidade	0,10096	Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10100
Iteração 58				Iteração 65			
Vazão Qo1	0,092	Vazão Qo1	0,088	Vazão Qo1	0,096	Vazão Qo1	0,084
Vazão Qo2	0,413	Vazão Qo2	0,867	Vazão Qo2	0,405	Vazão Qo2	0,875
Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016	Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016
Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107	Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,108
Esperança da utilidade	0,03950	Esperança da utilidade	0,10096	Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10101
Iteração 59				Iteração 66			
Vazão Qo1	0,092	Vazão Qo1	0,088	Vazão Qo1	0,096	Vazão Qo1	0,084
Vazão Qo2	0,412	Vazão Qo2	0,868	Vazão Qo2	0,405	Vazão Qo2	0,875
Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016	Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016
Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107	Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,108
Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10097	Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10101
Iteração 60				Iteração 67			
Vazão Qo1	0,093	Vazão Qo1	0,087	Vazão Qo1	0,097	Vazão Qo1	0,083
Vazão Qo2	0,411	Vazão Qo2	0,869	Vazão Qo2	0,403	Vazão Qo2	0,877
Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016	Utilidade para vazão Q195	0,013	Utilidade para vazão Q195	0,016
Utilidade para vazão Q180	0,034	Utilidade para vazão Q180	0,107	Utilidade para vazão Q180	0,033	Utilidade para vazão Q180	0,108
Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10097	Esperança da utilidade	0,03951	Esperança da utilidade	0,10102

Tabela I.1 (Cont.) – Simulação computacional para as UGHs 1 e 2 (Bacia Hipotética).

Iteração 82				Iteração 88			
Vazão Qo1	0,104	Vazão Qo1	0,076	Vazão Qo1	0,108	Vazão Qo1	0,072
Vazão Qo2	0,388	Vazão Qo2	0,892	Vazão Qo2	0,382	Vazão Qo2	0,898
Utilidade para vazão QI95	0,014						
Utilidade para vazão QI80	0,033	Utilidade para vazão QI80	0,109	Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110
Esperança da utilidade	0,03952	Esperança da utilidade	0,10107	Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108
Iteração 83				Iteração 89			
Vazão Qo1	0,105	Vazão Qo1	0,075	Vazão Qo1	0,108	Vazão Qo1	0,072
Vazão Qo2	0,387	Vazão Qo2	0,893	Vazão Qo2	0,381	Vazão Qo2	0,899
Utilidade para vazão QI95	0,014						
Utilidade para vazão QI80	0,033	Utilidade para vazão QI80	0,109	Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110
Esperança da utilidade	0,03952	Esperança da utilidade	0,10107	Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108
Iteração 84				Iteração 90			
Vazão Qo1	0,106	Vazão Qo1	0,074	Vazão Qo1	0,109	Vazão Qo1	0,071
Vazão Qo2	0,386	Vazão Qo2	0,894	Vazão Qo2	0,380	Vazão Qo2	0,900
Utilidade para vazão QI95	0,014						
Utilidade para vazão QI80	0,033	Utilidade para vazão QI80	0,109	Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110
Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10107	Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108
Iteração 85				Iteração 91			
Vazão Qo1	0,106	Vazão Qo1	0,074	Vazão Qo1	0,110	Vazão Qo1	0,070
Vazão Qo2	0,385	Vazão Qo2	0,895	Vazão Qo2	0,379	Vazão Qo2	0,901
Utilidade para vazão QI95	0,014	Utilidade para vazão QI95	0,014	Utilidade para vazão QI95	0,015	Utilidade para vazão QI95	0,014
Utilidade para vazão QI80	0,033	Utilidade para vazão QI80	0,110	Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110
Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108	Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108
Iteração 86				Iteração 92			
Vazão Qo1	0,107	Vazão Qo1	0,073	Vazão Qo1	0,110	Vazão Qo1	0,070
Vazão Qo2	0,384	Vazão Qo2	0,896	Vazão Qo2	0,378	Vazão Qo2	0,902
Utilidade para vazão QI95	0,014	Utilidade para vazão QI95	0,014	Utilidade para vazão QI95	0,015	Utilidade para vazão QI95	0,014
Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110	Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110
Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108	Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108
Iteração 87				Iteração 93			
Vazão Qo1	0,107	Vazão Qo1	0,073	Vazão Qo1	0,111	Vazão Qo1	0,069
Vazão Qo2	0,383	Vazão Qo2	0,897	Vazão Qo2	0,377	Vazão Qo2	0,903
Utilidade para vazão QI95	0,014	Utilidade para vazão QI95	0,014	Utilidade para vazão QI95	0,015	Utilidade para vazão QI95	0,013
Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110	Utilidade para vazão QI80	0,032	Utilidade para vazão QI80	0,110
Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10108	Esperança da utilidade	0,03953	Esperança da utilidade	0,10107

ANEXO II – ITERAÇÕES DECORRENTES DA APLICAÇÃO DO MÉTODO COMPUTACIONAL DE BUSCA ENTRE AS UGHS 1 E 2 (ÁREA DE ESTUDO) SEGUNDO OS QUADROS PROPOSTOS

Tabela II.1 - Simulação computacional para o Quadro I.

Valores iniciais			
Vazão Qo1	0.755	Vazão Qo1	0.715
Vazão Qo2	0.900	Vazão Qo2	1.070
Utilidade para vazão Q195	0.572	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.680	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08763	Esperança da utilidade	1.24938
Iteração 1			
Vazão Qo1	0.753	Vazão Qo1	0.718
Vazão Qo2	0.903	Vazão Qo2	1.067
Utilidade para vazão Q195	0.570	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.683	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08763	Esperança da utilidade	1.24938
Iteração 2			
Vazão Qo1	0.751	Vazão Qo1	0.719
Vazão Qo2	0.906	Vazão Qo2	1.064
Utilidade para vazão Q195	0.569	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.685	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08825	Esperança da utilidade	1.24938
Iteração 3			
Vazão Qo1	0.748	Vazão Qo1	0.722
Vazão Qo2	0.909	Vazão Qo2	1.061
Utilidade para vazão Q195	0.567	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.687	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08825	Esperança da utilidade	1.24939
Iteração 4			
Vazão Qo1	0.746	Vazão Qo1	0.724
Vazão Qo2	0.912	Vazão Qo2	1.058
Utilidade para vazão Q195	0.565	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.690	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08885	Esperança da utilidade	1.24939
Iteração 5			
Vazão Qo1	0.744	Vazão Qo1	0.726
Vazão Qo2	0.915	Vazão Qo2	1.055
Utilidade para vazão Q195	0.564	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.692	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08885	Esperança da utilidade	1.24940
Iteração 6			
Vazão Qo1	0.742	Vazão Qo1	0.728
Vazão Qo2	0.919	Vazão Qo2	1.051
Utilidade para vazão Q195	0.562	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.694	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08943	Esperança da utilidade	1.24940
Iteração 7			
Vazão Qo1	0.739	Vazão Qo1	0.731
Vazão Qo2	0.922	Vazão Qo2	1.048
Utilidade para vazão Q195	0.560	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.696	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.08943	Esperança da utilidade	1.24941
Iteração 8			
Vazão Qo1	0.738	Vazão Qo1	0.732
Vazão Qo2	0.925	Vazão Qo2	1.045
Utilidade para vazão Q195	0.559	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.699	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09000	Esperança da utilidade	1.24941
Iteração 9			
Vazão Qo1	0.735	Vazão Qo1	0.735
Vazão Qo2	0.928	Vazão Qo2	1.042
Utilidade para vazão Q195	0.557	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.701	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09000	Esperança da utilidade	1.24941
Iteração 10			
Vazão Qo1	0.733	Vazão Qo1	0.737
Vazão Qo2	0.931	Vazão Qo2	1.039
Utilidade para vazão Q195	0.556	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.703	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09055	Esperança da utilidade	1.24941
Iteração 11			
Vazão Qo1	0.731	Vazão Qo1	0.739
Vazão Qo2	0.934	Vazão Qo2	1.036
Utilidade para vazão Q195	0.554	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.706	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09055	Esperança da utilidade	1.24942

Tabela II.1 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro I.

Iteração 12			
Vazão Qo1	0.729	Vazão Qo1	0.741
Vazão Qo2	0.937	Vazão Qo2	1.033
Utilidade para vazão QI95	0.552	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.708	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09109	Esperança da utilidade	1.24942
Iteração 13			
Vazão Qo1	0.726	Vazão Qo1	0.744
Vazão Qo2	0.940	Vazão Qo2	1.030
Utilidade para vazão QI95	0.550	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.710	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09109	Esperança da utilidade	1.24942
Iteração 14			
Vazão Qo1	0.724	Vazão Qo1	0.746
Vazão Qo2	0.943	Vazão Qo2	1.027
Utilidade para vazão QI95	0.549	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.713	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09160	Esperança da utilidade	1.24942
Iteração 15			
Vazão Qo1	0.722	Vazão Qo1	0.748
Vazão Qo2	0.946	Vazão Qo2	1.024
Utilidade para vazão QI95	0.547	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09160	Esperança da utilidade	1.24943
Iteração 16			
Vazão Qo1	0.720	Vazão Qo1	0.750
Vazão Qo2	0.949	Vazão Qo2	1.021
Utilidade para vazão QI95	0.546	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.717	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09211	Esperança da utilidade	1.24943
Iteração 17			
Vazão Qo1	0.717	Vazão Qo1	0.753
Vazão Qo2	0.952	Vazão Qo2	1.018
Utilidade para vazão QI95	0.544	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.719	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09211	Esperança da utilidade	1.24944
Iteração 18			
Vazão Qo1	0.715	Vazão Qo1	0.755
Vazão Qo2	0.956	Vazão Qo2	1.014
Utilidade para vazão QI95	0.542	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.722	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09259	Esperança da utilidade	1.24944
Iteração 19			
Vazão Qo1	0.713	Vazão Qo1	0.757
Vazão Qo2	0.959	Vazão Qo2	1.011
Utilidade para vazão QI95	0.540	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.724	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09259	Esperança da utilidade	1.24944
Iteração 20			
Vazão Qo1	0.711	Vazão Qo1	0.759
Vazão Qo2	0.962	Vazão Qo2	1.008
Utilidade para vazão QI95	0.539	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.726	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09306	Esperança da utilidade	1.24944
Iteração 21			
Vazão Qo1	0.708	Vazão Qo1	0.762
Vazão Qo2	0.965	Vazão Qo2	1.005
Utilidade para vazão QI95	0.537	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.729	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09306	Esperança da utilidade	1.24945
Iteração 22			
Vazão Qo1	0.706	Vazão Qo1	0.764
Vazão Qo2	0.968	Vazão Qo2	1.002
Utilidade para vazão QI95	0.535	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.731	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09351	Esperança da utilidade	1.24945
Iteração 23			
Vazão Qo1	0.704	Vazão Qo1	0.766
Vazão Qo2	0.971	Vazão Qo2	0.999
Utilidade para vazão QI95	0.534	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.733	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09351	Esperança da utilidade	1.24945
Iteração 24			
Vazão Qo1	0.702	Vazão Qo1	0.768
Vazão Qo2	0.974	Vazão Qo2	0.996
Utilidade para vazão QI95	0.532	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.736	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09394	Esperança da utilidade	1.24945
Iteração 25			
Vazão Qo1	0.699	Vazão Qo1	0.771
Vazão Qo2	0.977	Vazão Qo2	0.993
Utilidade para vazão QI95	0.530	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.738	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09394	Esperança da utilidade	1.24946

Tabela II.1 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro I.

Iteração 26				Iteração 33			
Vazão Qo1	0.697	Vazão Qo1	0.773	Vazão Qo1	0.681	Vazão Qo1	0.789
Vazão Qo2	0.980	Vazão Qo2	0.990	Vazão Qo2	1.002	Vazão Qo2	0.968
Utilidade para vazão Q195	0.529	Utilidade para vazão Q195	0.713	Utilidade para vazão Q195	0.516	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.740	Utilidade para vazão Q180	0.715	Utilidade para vazão Q180	0.756	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09435	Esperança da utilidade	1.24946	Esperança da utilidade	1.09548	Esperança da utilidade	1.24947
Iteração 27				Iteração 34			
Vazão Qo1	0.695	Vazão Qo1	0.775	Vazão Qo1	0.678	Vazão Qo1	0.792
Vazão Qo2	0.983	Vazão Qo2	0.987	Vazão Qo2	1.005	Vazão Qo2	0.965
Utilidade para vazão Q195	0.527	Utilidade para vazão Q195	0.713	Utilidade para vazão Q195	0.515	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.743	Utilidade para vazão Q180	0.715	Utilidade para vazão Q180	0.759	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09435	Esperança da utilidade	1.24946	Esperança da utilidade	1.09581	Esperança da utilidade	1.24947
Iteração 28				Iteração 35			
Vazão Qo1	0.692	Vazão Qo1	0.778	Vazão Qo1	0.676	Vazão Qo1	0.794
Vazão Qo2	0.986	Vazão Qo2	0.984	Vazão Qo2	1.008	Vazão Qo2	0.962
Utilidade para vazão Q195	0.525	Utilidade para vazão Q195	0.713	Utilidade para vazão Q195	0.513	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.745	Utilidade para vazão Q180	0.715	Utilidade para vazão Q180	0.761	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09474	Esperança da utilidade	1.24946	Esperança da utilidade	1.09581	Esperança da utilidade	1.24948
Iteração 29				Iteração 36			
Vazão Qo1	0.690	Vazão Qo1	0.780	Vazão Qo1	0.674	Vazão Qo1	0.796
Vazão Qo2	0.989	Vazão Qo2	0.981	Vazão Qo2	1.011	Vazão Qo2	0.959
Utilidade para vazão Q195	0.523	Utilidade para vazão Q195	0.713	Utilidade para vazão Q195	0.511	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.747	Utilidade para vazão Q180	0.715	Utilidade para vazão Q180	0.763	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09474	Esperança da utilidade	1.24947	Esperança da utilidade	1.09613	Esperança da utilidade	1.24948
Iteração 30				Iteração 37			
Vazão Qo1	0.688	Vazão Qo1	0.782	Vazão Qo1	0.671	Vazão Qo1	0.799
Vazão Qo2	0.993	Vazão Qo2	0.977	Vazão Qo2	1.014	Vazão Qo2	0.956
Utilidade para vazão Q195	0.522	Utilidade para vazão Q195	0.713	Utilidade para vazão Q195	0.509	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.750	Utilidade para vazão Q180	0.715	Utilidade para vazão Q180	0.766	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09512	Esperança da utilidade	1.24947	Esperança da utilidade	1.09613	Esperança da utilidade	1.24948
Iteração 31				Iteração 38			
Vazão Qo1	0.685	Vazão Qo1	0.785	Vazão Qo1	0.669	Vazão Qo1	0.801
Vazão Qo2	0.996	Vazão Qo2	0.974	Vazão Qo2	1.017	Vazão Qo2	0.953
Utilidade para vazão Q195	0.520	Utilidade para vazão Q195	0.713	Utilidade para vazão Q195	0.507	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.752	Utilidade para vazão Q180	0.715	Utilidade para vazão Q180	0.768	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09512	Esperança da utilidade	1.24947	Esperança da utilidade	1.09643	Esperança da utilidade	1.24948
Iteração 32				Iteração 39			
Vazão Qo1	0.683	Vazão Qo1	0.787	Vazão Qo1	0.666	Vazão Qo1	0.804
Vazão Qo2	0.999	Vazão Qo2	0.971	Vazão Qo2	1.020	Vazão Qo2	0.950
Utilidade para vazão Q195	0.518	Utilidade para vazão Q195	0.713	Utilidade para vazão Q195	0.506	Utilidade para vazão Q195	0.713
Utilidade para vazão Q180	0.754	Utilidade para vazão Q180	0.715	Utilidade para vazão Q180	0.770	Utilidade para vazão Q180	0.715
Esperança da utilidade	1.09548	Esperança da utilidade	1.24947	Esperança da utilidade	1.09643	Esperança da utilidade	1.24948

Tabela II.1 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro I.

Iteração 40			
Vazão Qo1	0.664	Vazão Qo1	0.806
Vazão Qo2	1.024	Vazão Qo2	0.946
Utilidade para vazão QI95	0.504	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.773	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09671	Esperança da utilidade	1.24948
Iteração 41			
Vazão Qo1	0.662	Vazão Qo1	0.808
Vazão Qo2	1.027	Vazão Qo2	0.943
Utilidade para vazão QI95	0.502	Utilidade para vazão QI95	0.713
Utilidade para vazão QI80	0.775	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09671	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 42			
Vazão Qo1	0.659	Vazão Qo1	0.811
Vazão Qo2	1.030	Vazão Qo2	0.940
Utilidade para vazão QI95	0.500	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.777	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09696	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 43			
Vazão Qo1	0.657	Vazão Qo1	0.813
Vazão Qo2	1.033	Vazão Qo2	0.937
Utilidade para vazão QI95	0.498	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.779	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09696	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 44			
Vazão Qo1	0.654	Vazão Qo1	0.816
Vazão Qo2	1.036	Vazão Qo2	0.934
Utilidade para vazão QI95	0.497	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.782	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09720	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 45			
Vazão Qo1	0.652	Vazão Qo1	0.818
Vazão Qo2	1.039	Vazão Qo2	0.931
Utilidade para vazão QI95	0.495	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.784	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09720	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 46			
Vazão Qo1	0.650	Vazão Qo1	0.820
Vazão Qo2	1.042	Vazão Qo2	0.928
Utilidade para vazão QI95	0.493	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.786	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09741	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 47			
Vazão Qo1	0.647	Vazão Qo1	0.823
Vazão Qo2	1.045	Vazão Qo2	0.925
Utilidade para vazão QI95	0.491	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.789	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09741	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 48			
Vazão Qo1	0.645	Vazão Qo1	0.825
Vazão Qo2	1.048	Vazão Qo2	0.922
Utilidade para vazão QI95	0.489	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.791	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09761	Esperança da utilidade	1.24949
Iteração 49			
Vazão Qo1	0.642	Vazão Qo1	0.828
Vazão Qo2	1.051	Vazão Qo2	0.919
Utilidade para vazão QI95	0.487	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.793	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09761	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 50			
Vazão Qo1	0.640	Vazão Qo1	0.830
Vazão Qo2	1.055	Vazão Qo2	0.915
Utilidade para vazão QI95	0.486	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.796	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09778	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 51			
Vazão Qo1	0.637	Vazão Qo1	0.833
Vazão Qo2	1.058	Vazão Qo2	0.912
Utilidade para vazão QI95	0.484	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.798	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09778	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 52			
Vazão Qo1	0.635	Vazão Qo1	0.835
Vazão Qo2	1.061	Vazão Qo2	0.909
Utilidade para vazão QI95	0.482	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.800	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09793	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 53			
Vazão Qo1	0.632	Vazão Qo1	0.838
Vazão Qo2	1.064	Vazão Qo2	0.906
Utilidade para vazão QI95	0.480	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.802	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09793	Esperança da utilidade	1.24950

Tabela II.1 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro I.

Iteração 54				Iteração 61			
Vazão Qo1	0.630	Vazão Qo1	0.840	Vazão Qo1	0.612	Vazão Qo1	0.858
Vazão Qo2	1.067	Vazão Qo2	0.903	Vazão Qo2	1.088	Vazão Qo2	0.882
Utilidade para vazão QI95	0.478	Utilidade para vazão QI95	0.714	Utilidade para vazão QI95	0.465	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.805	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.821	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09805	Esperança da utilidade	1.24950	Esperança da utilidade	1.09829	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 55				Iteração 62			
Vazão Qo1	0.627	Vazão Qo1	0.843	Vazão Qo1	0.609	Vazão Qo1	0.861
Vazão Qo2	1.070	Vazão Qo2	0.900	Vazão Qo2	1.092	Vazão Qo2	0.878
Utilidade para vazão QI95	0.476	Utilidade para vazão QI95	0.714	Utilidade para vazão QI95	0.463	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.807	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.823	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09805	Esperança da utilidade	1.24950	Esperança da utilidade	1.09832	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 56				Iteração 63			
Vazão Qo1	0.625	Vazão Qo1	0.845	Vazão Qo1	0.607	Vazão Qo1	0.863
Vazão Qo2	1.073	Vazão Qo2	0.897	Vazão Qo2	1.095	Vazão Qo2	0.875
Utilidade para vazão QI95	0.474	Utilidade para vazão QI95	0.714	Utilidade para vazão QI95	0.461	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.809	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.826	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09816	Esperança da utilidade	1.24950	Esperança da utilidade	1.09832	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 57				Iteração 64			
Vazão Qo1	0.622	Vazão Qo1	0.848	Vazão Qo1	0.604	Vazão Qo1	0.866
Vazão Qo2	1.076	Vazão Qo2	0.894	Vazão Qo2	1.098	Vazão Qo2	0.872
Utilidade para vazão QI95	0.472	Utilidade para vazão QI95	0.714	Utilidade para vazão QI95	0.459	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.812	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.828	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09816	Esperança da utilidade	1.24950	Esperança da utilidade	1.09833	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 58				Iteração 65			
Vazão Qo1	0.620	Vazão Qo1	0.850	Vazão Qo1	0.602	Vazão Qo1	0.868
Vazão Qo2	1.079	Vazão Qo2	0.891	Vazão Qo2	1.101	Vazão Qo2	0.869
Utilidade para vazão QI95	0.470	Utilidade para vazão QI95	0.714	Utilidade para vazão QI95	0.457	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.814	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.830	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09824	Esperança da utilidade	1.24950	Esperança da utilidade	1.09833	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 59				Iteração 66			
Vazão Qo1	0.617	Vazão Qo1	0.853	Vazão Qo1	0.599	Vazão Qo1	0.871
Vazão Qo2	1.082	Vazão Qo2	0.888	Vazão Qo2	1.104	Vazão Qo2	0.866
Utilidade para vazão QI95	0.469	Utilidade para vazão QI95	0.714	Utilidade para vazão QI95	0.455	Utilidade para vazão QI95	0.714
Utilidade para vazão QI80	0.816	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.833	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09824	Esperança da utilidade	1.24950	Esperança da utilidade	1.09831	Esperança da utilidade	1.24950
Iteração 60							
Vazão Qo1	0.614	Vazão Qo1	0.856				
Vazão Qo2	1.085	Vazão Qo2	0.885				
Utilidade para vazão QI95	0.467	Utilidade para vazão QI95	0.714				
Utilidade para vazão QI80	0.819	Utilidade para vazão QI80	0.714				
Esperança da utilidade	1.09829	Esperança da utilidade	1.24950				

Tabela II.2 - Simulação computacional para o Quadro II.

Valores iniciais				Iteração 7			
Vazão Qo1	0.755	Vazão Qo1	0.715	Vazão Qo1	0.749	Vazão Qo1	0.721
Vazão Qo2	0.900	Vazão Qo2	1.070	Vazão Qo2	0.909	Vazão Qo2	1.061
Utilidade para vazão QI95	0.742	Utilidade para vazão QI95	0.604	Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.606
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.740	Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.737
Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16534	Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16537
Iteração 1				Iteração 8			
Vazão Qo1	0.754	Vazão Qo1	0.716	Vazão Qo1	0.748	Vazão Qo1	0.722
Vazão Qo2	0.901	Vazão Qo2	1.069	Vazão Qo2	0.910	Vazão Qo2	1.060
Utilidade para vazão QI95	0.742	Utilidade para vazão QI95	0.604	Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.607
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.739	Utilidade para vazão QI80	0.751	Utilidade para vazão QI80	0.736
Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16535	Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16537
Iteração 2				Iteração 9			
Vazão Qo1	0.753	Vazão Qo1	0.717	Vazão Qo1	0.747	Vazão Qo1	0.723
Vazão Qo2	0.902	Vazão Qo2	1.068	Vazão Qo2	0.911	Vazão Qo2	1.059
Utilidade para vazão QI95	0.742	Utilidade para vazão QI95	0.604	Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.607
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.739	Utilidade para vazão QI80	0.751	Utilidade para vazão QI80	0.736
Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16535	Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16538
Iteração 3				Iteração 10			
Vazão Qo1	0.752	Vazão Qo1	0.718	Vazão Qo1	0.747	Vazão Qo1	0.723
Vazão Qo2	0.904	Vazão Qo2	1.066	Vazão Qo2	0.912	Vazão Qo2	1.058
Utilidade para vazão QI95	0.742	Utilidade para vazão QI95	0.605	Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.607
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.739	Utilidade para vazão QI80	0.751	Utilidade para vazão QI80	0.736
Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16536	Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16538
Iteração 4				Iteração 11			
Vazão Qo1	0.752	Vazão Qo1	0.718	Vazão Qo1	0.746	Vazão Qo1	0.724
Vazão Qo2	0.905	Vazão Qo2	1.065	Vazão Qo2	0.914	Vazão Qo2	1.056
Utilidade para vazão QI95	0.742	Utilidade para vazão QI95	0.605	Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.608
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.738	Utilidade para vazão QI80	0.751	Utilidade para vazão QI80	0.735
Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16536	Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16538
Iteração 5				Iteração 12			
Vazão Qo1	0.751	Vazão Qo1	0.719	Vazão Qo1	0.745	Vazão Qo1	0.725
Vazão Qo2	0.906	Vazão Qo2	1.064	Vazão Qo2	0.915	Vazão Qo2	1.055
Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.606	Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.608
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.738	Utilidade para vazão QI80	0.751	Utilidade para vazão QI80	0.735
Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16537	Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16538
Iteração 6				Iteração 13			
Vazão Qo1	0.750	Vazão Qo1	0.720	Vazão Qo1	0.744	Vazão Qo1	0.726
Vazão Qo2	0.907	Vazão Qo2	1.063	Vazão Qo2	0.916	Vazão Qo2	1.054
Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.606	Utilidade para vazão QI95	0.741	Utilidade para vazão QI95	0.608
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.737	Utilidade para vazão QI80	0.751	Utilidade para vazão QI80	0.734
Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16537	Esperança da utilidade	1.30469	Esperança da utilidade	1.16537

Tabela II.3 - Simulação computacional para o Quadro III.

Valores iniciais			
Vazão Qo1	0.755	Vazão Qo1	0.715
Vazão Qo2	0.900	Vazão Qo2	1.070
Utilidade para vazão QI95	0.572	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.680	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08763	Esperança da utilidade	1.24674
Iteração 1			
Vazão Qo1	0.754	Vazão Qo1	0.716
Vazão Qo2	0.901	Vazão Qo2	1.069
Utilidade para vazão QI95	0.571	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.681	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08763	Esperança da utilidade	1.24674
Iteração 2			
Vazão Qo1	0.753	Vazão Qo1	0.717
Vazão Qo2	0.902	Vazão Qo2	1.068
Utilidade para vazão QI95	0.571	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.682	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08783	Esperança da utilidade	1.24674
Iteração 3			
Vazão Qo1	0.752	Vazão Qo1	0.718
Vazão Qo2	0.903	Vazão Qo2	1.067
Utilidade para vazão QI95	0.570	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.683	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08783	Esperança da utilidade	1.24675
Iteração 4			
Vazão Qo1	0.752	Vazão Qo1	0.718
Vazão Qo2	0.904	Vazão Qo2	1.066
Utilidade para vazão QI95	0.570	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.684	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08802	Esperança da utilidade	1.24675
Iteração 5			
Vazão Qo1	0.751	Vazão Qo1	0.719
Vazão Qo2	0.906	Vazão Qo2	1.064
Utilidade para vazão QI95	0.569	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.685	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08802	Esperança da utilidade	1.24676
Iteração 6			
Vazão Qo1	0.750	Vazão Qo1	0.720
Vazão Qo2	0.907	Vazão Qo2	1.063
Utilidade para vazão QI95	0.568	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.685	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08821	Esperança da utilidade	1.24676
Iteração 7			
Vazão Qo1	0.749	Vazão Qo1	0.721
Vazão Qo2	0.908	Vazão Qo2	1.062
Utilidade para vazão QI95	0.568	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.686	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08821	Esperança da utilidade	1.24676
Iteração 8			
Vazão Qo1	0.749	Vazão Qo1	0.721
Vazão Qo2	0.909	Vazão Qo2	1.061
Utilidade para vazão QI95	0.567	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.687	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08839	Esperança da utilidade	1.24676
Iteração 9			
Vazão Qo1	0.748	Vazão Qo1	0.722
Vazão Qo2	0.910	Vazão Qo2	1.060
Utilidade para vazão QI95	0.566	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.688	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08839	Esperança da utilidade	1.24677
Iteração 10			
Vazão Qo1	0.747	Vazão Qo1	0.723
Vazão Qo2	0.911	Vazão Qo2	1.059
Utilidade para vazão QI95	0.566	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.689	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08858	Esperança da utilidade	1.24677
Iteração 11			
Vazão Qo1	0.746	Vazão Qo1	0.724
Vazão Qo2	0.912	Vazão Qo2	1.058
Utilidade para vazão QI95	0.565	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.689	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08858	Esperança da utilidade	1.24678
Iteração 12			
Vazão Qo1	0.746	Vazão Qo1	0.724
Vazão Qo2	0.913	Vazão Qo2	1.057
Utilidade para vazão QI95	0.565	Utilidade para vazão QI95	0.709
Utilidade para vazão QI80	0.690	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08876	Esperança da utilidade	1.24678
Iteração 13			
Vazão Qo1	0.745	Vazão Qo1	0.725
Vazão Qo2	0.914	Vazão Qo2	1.056
Utilidade para vazão QI95	0.564	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.691	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08876	Esperança da utilidade	1.24679

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 14				Iteração 21			
Vazão Qo1	0.744	Vazão Qo1	0.726	Vazão Qo1	0.738	Vazão Qo1	0.732
Vazão Qo2	0.915	Vazão Qo2	1.055	Vazão Qo2	0.923	Vazão Qo2	1.047
Utilidade para vazão QI95	0.564	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.559	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.692	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.698	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08894	Esperança da utilidade	1.24679	Esperança da utilidade	1.08948	Esperança da utilidade	1.24681
Iteração 15				Iteração 22			
Vazão Qo1	0.743	Vazão Qo1	0.727	Vazão Qo1	0.738	Vazão Qo1	0.732
Vazão Qo2	0.917	Vazão Qo2	1.053	Vazão Qo2	0.924	Vazão Qo2	1.046
Utilidade para vazão QI95	0.563	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.559	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.693	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.698	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08894	Esperança da utilidade	1.24679	Esperança da utilidade	1.08965	Esperança da utilidade	1.24681
Iteração 16				Iteração 23			
Vazão Qo1	0.742	Vazão Qo1	0.728	Vazão Qo1	0.737	Vazão Qo1	0.733
Vazão Qo2	0.918	Vazão Qo2	1.052	Vazão Qo2	0.925	Vazão Qo2	1.045
Utilidade para vazão QI95	0.562	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.558	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.693	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.699	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08912	Esperança da utilidade	1.24679	Esperança da utilidade	1.08965	Esperança da utilidade	1.24682
Iteração 17				Iteração 24			
Vazão Qo1	0.741	Vazão Qo1	0.729	Vazão Qo1	0.736	Vazão Qo1	0.734
Vazão Qo2	0.919	Vazão Qo2	1.051	Vazão Qo2	0.926	Vazão Qo2	1.044
Utilidade para vazão QI95	0.562	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.558	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.694	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.700	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08912	Esperança da utilidade	1.24680	Esperança da utilidade	1.08983	Esperança da utilidade	1.24682
Iteração 18				Iteração 25			
Vazão Qo1	0.741	Vazão Qo1	0.729	Vazão Qo1	0.735	Vazão Qo1	0.735
Vazão Qo2	0.920	Vazão Qo2	1.050	Vazão Qo2	0.927	Vazão Qo2	1.043
Utilidade para vazão QI95	0.561	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.557	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.695	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.701	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08930	Esperança da utilidade	1.24680	Esperança da utilidade	1.08983	Esperança da utilidade	1.24682
Iteração 19				Iteração 26			
Vazão Qo1	0.740	Vazão Qo1	0.730	Vazão Qo1	0.734	Vazão Qo1	0.736
Vazão Qo2	0.921	Vazão Qo2	1.049	Vazão Qo2	0.928	Vazão Qo2	1.042
Utilidade para vazão QI95	0.561	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.557	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.696	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.702	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08930	Esperança da utilidade	1.24681	Esperança da utilidade	1.09000	Esperança da utilidade	1.24682
Iteração 20				Iteração 27			
Vazão Qo1	0.739	Vazão Qo1	0.731	Vazão Qo1	0.733	Vazão Qo1	0.737
Vazão Qo2	0.922	Vazão Qo2	1.048	Vazão Qo2	0.930	Vazão Qo2	1.040
Utilidade para vazão QI95	0.560	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.556	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.697	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.703	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.08948	Esperança da utilidade	1.24681	Esperança da utilidade	1.09000	Esperança da utilidade	1.24683

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 28				Iteração 35			
Vazão Qo1	0.733	Vazão Qo1	0.737	Vazão Qo1	0.727	Vazão Qo1	0.743
Vazão Qo2	0.931	Vazão Qo2	1.039	Vazão Qo2	0.938	Vazão Qo2	1.032
Utilidade para vazão QI95	0.555	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.551	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.703	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.709	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.09017	Esperança da utilidade	1.24683	Esperança da utilidade	1.09066	Esperança da utilidade	1.24686
Iteração 29				Iteração 36			
Vazão Qo1	0.732	Vazão Qo1	0.738	Vazão Qo1	0.726	Vazão Qo1	0.744
Vazão Qo2	0.932	Vazão Qo2	1.038	Vazão Qo2	0.939	Vazão Qo2	1.031
Utilidade para vazão QI95	0.555	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.551	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.704	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.710	Utilidade para vazão QI80	0.716
Esperança da utilidade	1.09017	Esperança da utilidade	1.24684	Esperança da utilidade	1.09083	Esperança da utilidade	1.24686
Iteração 30				Iteração 37			
Vazão Qo1	0.731	Vazão Qo1	0.739	Vazão Qo1	0.725	Vazão Qo1	0.745
Vazão Qo2	0.933	Vazão Qo2	1.037	Vazão Qo2	0.941	Vazão Qo2	1.029
Utilidade para vazão QI95	0.554	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.550	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.705	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.711	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09033	Esperança da utilidade	1.24684	Esperança da utilidade	1.09083	Esperança da utilidade	1.24686
Iteração 31				Iteração 38			
Vazão Qo1	0.730	Vazão Qo1	0.740	Vazão Qo1	0.725	Vazão Qo1	0.745
Vazão Qo2	0.934	Vazão Qo2	1.036	Vazão Qo2	0.942	Vazão Qo2	1.028
Utilidade para vazão QI95	0.553	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.549	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.706	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.711	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09033	Esperança da utilidade	1.24684	Esperança da utilidade	1.09099	Esperança da utilidade	1.24686
Iteração 32				Iteração 39			
Vazão Qo1	0.730	Vazão Qo1	0.740	Vazão Qo1	0.724	Vazão Qo1	0.746
Vazão Qo2	0.935	Vazão Qo2	1.035	Vazão Qo2	0.943	Vazão Qo2	1.027
Utilidade para vazão QI95	0.553	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.549	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.707	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.712	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09050	Esperança da utilidade	1.24684	Esperança da utilidade	1.09099	Esperança da utilidade	1.24687
Iteração 33				Iteração 40			
Vazão Qo1	0.729	Vazão Qo1	0.741	Vazão Qo1	0.723	Vazão Qo1	0.747
Vazão Qo2	0.936	Vazão Qo2	1.034	Vazão Qo2	0.944	Vazão Qo2	1.026
Utilidade para vazão QI95	0.552	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.548	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.707	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.713	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09050	Esperança da utilidade	1.24685	Esperança da utilidade	1.09114	Esperança da utilidade	1.24687
Iteração 34				Iteração 41			
Vazão Qo1	0.728	Vazão Qo1	0.742	Vazão Qo1	0.722	Vazão Qo1	0.748
Vazão Qo2	0.937	Vazão Qo2	1.033	Vazão Qo2	0.945	Vazão Qo2	1.025
Utilidade para vazão QI95	0.552	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.547	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.708	Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09066	Esperança da utilidade	1.24685	Esperança da utilidade	1.09114	Esperança da utilidade	1.24687

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 42				Iteração 49			
Vazão Qo1	0.722	Vazão Qo1	0.748	Vazão Qo1	0.716	Vazão Qo1	0.754
Vazão Qo2	0.946	Vazão Qo2	1.024	Vazão Qo2	0.954	Vazão Qo2	1.016
Utilidade para vazão QI95	0.547	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.542	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.721	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09130	Esperança da utilidade	1.24687	Esperança da utilidade	1.09176	Esperança da utilidade	1.24689
Iteração 43				Iteração 50			
Vazão Qo1	0.721	Vazão Qo1	0.749	Vazão Qo1	0.715	Vazão Qo1	0.755
Vazão Qo2	0.947	Vazão Qo2	1.023	Vazão Qo2	0.955	Vazão Qo2	1.015
Utilidade para vazão QI95	0.546	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.542	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.721	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09130	Esperança da utilidade	1.24688	Esperança da utilidade	1.09191	Esperança da utilidade	1.24689
Iteração 44				Iteração 51			
Vazão Qo1	0.720	Vazão Qo1	0.750	Vazão Qo1	0.714	Vazão Qo1	0.756
Vazão Qo2	0.948	Vazão Qo2	1.022	Vazão Qo2	0.956	Vazão Qo2	1.014
Utilidade para vazão QI95	0.546	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.541	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.716	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.722	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09145	Esperança da utilidade	1.24688	Esperança da utilidade	1.09191	Esperança da utilidade	1.24690
Iteração 45				Iteração 52			
Vazão Qo1	0.719	Vazão Qo1	0.751	Vazão Qo1	0.713	Vazão Qo1	0.757
Vazão Qo2	0.949	Vazão Qo2	1.021	Vazão Qo2	0.957	Vazão Qo2	1.013
Utilidade para vazão QI95	0.545	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.541	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.717	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.723	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09145	Esperança da utilidade	1.24688	Esperança da utilidade	1.09205	Esperança da utilidade	1.24690
Iteração 46				Iteração 53			
Vazão Qo1	0.718	Vazão Qo1	0.752	Vazão Qo1	0.712	Vazão Qo1	0.758
Vazão Qo2	0.950	Vazão Qo2	1.020	Vazão Qo2	0.958	Vazão Qo2	1.012
Utilidade para vazão QI95	0.544	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.540	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.718	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.724	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09161	Esperança da utilidade	1.24688	Esperança da utilidade	1.09205	Esperança da utilidade	1.24691
Iteração 47				Iteração 54			
Vazão Qo1	0.717	Vazão Qo1	0.753	Vazão Qo1	0.712	Vazão Qo1	0.758
Vazão Qo2	0.952	Vazão Qo2	1.018	Vazão Qo2	0.959	Vazão Qo2	1.011
Utilidade para vazão QI95	0.544	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.540	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.719	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.725	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09161	Esperança da utilidade	1.24689	Esperança da utilidade	1.09220	Esperança da utilidade	1.24691
Iteração 48				Iteração 55			
Vazão Qo1	0.717	Vazão Qo1	0.753	Vazão Qo1	0.711	Vazão Qo1	0.759
Vazão Qo2	0.953	Vazão Qo2	1.017	Vazão Qo2	0.960	Vazão Qo2	1.010
Utilidade para vazão QI95	0.543	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.539	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.720	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.725	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09176	Esperança da utilidade	1.24689	Esperança da utilidade	1.09220	Esperança da utilidade	1.24691

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 56				Iteração 63			
Vazão Qo1	0.710	Vazão Qo1	0.760	Vazão Qo1	0.704	Vazão Qo1	0.766
Vazão Qo2	0.961	Vazão Qo2	1.009	Vazão Qo2	0.969	Vazão Qo2	1.001
Utilidade para vazão QI95	0.538	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.534	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.726	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.732	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09234	Esperança da utilidade	1.24691	Esperança da utilidade	1.09276	Esperança da utilidade	1.24693
Iteração 57				Iteração 64			
Vazão Qo1	0.709	Vazão Qo1	0.761	Vazão Qo1	0.704	Vazão Qo1	0.766
Vazão Qo2	0.963	Vazão Qo2	1.007	Vazão Qo2	0.970	Vazão Qo2	1.000
Utilidade para vazão QI95	0.538	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.533	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.727	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.733	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09234	Esperança da utilidade	1.24692	Esperança da utilidade	1.09289	Esperança da utilidade	1.24693
Iteração 58				Iteração 65			
Vazão Qo1	0.708	Vazão Qo1	0.762	Vazão Qo1	0.703	Vazão Qo1	0.767
Vazão Qo2	0.964	Vazão Qo2	1.006	Vazão Qo2	0.971	Vazão Qo2	0.999
Utilidade para vazão QI95	0.537	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.533	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.728	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.734	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09248	Esperança da utilidade	1.24692	Esperança da utilidade	1.09289	Esperança da utilidade	1.24693
Iteração 59				Iteração 66			
Vazão Qo1	0.707	Vazão Qo1	0.763	Vazão Qo1	0.702	Vazão Qo1	0.768
Vazão Qo2	0.965	Vazão Qo2	1.005	Vazão Qo2	0.972	Vazão Qo2	0.998
Utilidade para vazão QI95	0.536	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.532	Utilidade para vazão QI95	0.710
Utilidade para vazão QI80	0.729	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.734	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09248	Esperança da utilidade	1.24692	Esperança da utilidade	1.09303	Esperança da utilidade	1.24693
Iteração 60				Iteração 67			
Vazão Qo1	0.707	Vazão Qo1	0.763	Vazão Qo1	0.701	Vazão Qo1	0.769
Vazão Qo2	0.966	Vazão Qo2	1.004	Vazão Qo2	0.973	Vazão Qo2	0.997
Utilidade para vazão QI95	0.536	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.531	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.729	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.735	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09262	Esperança da utilidade	1.24692	Esperança da utilidade	1.09303	Esperança da utilidade	1.24694
Iteração 61				Iteração 68			
Vazão Qo1	0.706	Vazão Qo1	0.764	Vazão Qo1	0.700	Vazão Qo1	0.770
Vazão Qo2	0.967	Vazão Qo2	1.003	Vazão Qo2	0.974	Vazão Qo2	0.996
Utilidade para vazão QI95	0.535	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.531	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.730	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.736	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09262	Esperança da utilidade	1.24693	Esperança da utilidade	1.09316	Esperança da utilidade	1.24694
Iteração 62				Iteração 69			
Vazão Qo1	0.705	Vazão Qo1	0.765	Vazão Qo1	0.699	Vazão Qo1	0.771
Vazão Qo2	0.968	Vazão Qo2	1.002	Vazão Qo2	0.976	Vazão Qo2	0.994
Utilidade para vazão QI95	0.535	Utilidade para vazão QI95	0.710	Utilidade para vazão QI95	0.530	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.731	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.737	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09276	Esperança da utilidade	1.24693	Esperança da utilidade	1.09316	Esperança da utilidade	1.24694

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 70				Iteração 77			
Vazão Qo1	0.699	Vazão Qo1	0.771	Vazão Qo1	0.693	Vazão Qo1	0.777
Vazão Qo2	0.977	Vazão Qo2	0.993	Vazão Qo2	0.984	Vazão Qo2	0.986
Utilidade para vazão QI95	0.530	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.525	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.738	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.743	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09329	Esperança da utilidade	1.24694	Esperança da utilidade	1.09366	Esperança da utilidade	1.24696
Iteração 71				Iteração 78			
Vazão Qo1	0.698	Vazão Qo1	0.772	Vazão Qo1	0.692	Vazão Qo1	0.778
Vazão Qo2	0.978	Vazão Qo2	0.992	Vazão Qo2	0.985	Vazão Qo2	0.985
Utilidade para vazão QI95	0.529	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.525	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.738	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.744	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09329	Esperança da utilidade	1.24695	Esperança da utilidade	1.09378	Esperança da utilidade	1.24696
Iteração 72				Iteração 79			
Vazão Qo1	0.697	Vazão Qo1	0.773	Vazão Qo1	0.691	Vazão Qo1	0.779
Vazão Qo2	0.979	Vazão Qo2	0.991	Vazão Qo2	0.987	Vazão Qo2	0.983
Utilidade para vazão QI95	0.528	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.524	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.739	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.745	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09341	Esperança da utilidade	1.24695	Esperança da utilidade	1.09378	Esperança da utilidade	1.24697
Iteração 73				Iteração 80			
Vazão Qo1	0.696	Vazão Qo1	0.774	Vazão Qo1	0.690	Vazão Qo1	0.780
Vazão Qo2	0.980	Vazão Qo2	0.990	Vazão Qo2	0.988	Vazão Qo2	0.982
Utilidade para vazão QI95	0.528	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.523	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.740	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.746	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09341	Esperança da utilidade	1.24695	Esperança da utilidade	1.09390	Esperança da utilidade	1.24697
Iteração 74				Iteração 81			
Vazão Qo1	0.695	Vazão Qo1	0.775	Vazão Qo1	0.689	Vazão Qo1	0.781
Vazão Qo2	0.981	Vazão Qo2	0.989	Vazão Qo2	0.989	Vazão Qo2	0.981
Utilidade para vazão QI95	0.527	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.523	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.741	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.747	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09354	Esperança da utilidade	1.24695	Esperança da utilidade	1.09390	Esperança da utilidade	1.24697
Iteração 75				Iteração 82			
Vazão Qo1	0.694	Vazão Qo1	0.776	Vazão Qo1	0.689	Vazão Qo1	0.781
Vazão Qo2	0.982	Vazão Qo2	0.988	Vazão Qo2	0.990	Vazão Qo2	0.980
Utilidade para vazão QI95	0.526	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.522	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.742	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.747	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09354	Esperança da utilidade	1.24696	Esperança da utilidade	1.09402	Esperança da utilidade	1.24697
Iteração 76				Iteração 83			
Vazão Qo1	0.694	Vazão Qo1	0.776	Vazão Qo1	0.688	Vazão Qo1	0.782
Vazão Qo2	0.983	Vazão Qo2	0.987	Vazão Qo2	0.991	Vazão Qo2	0.979
Utilidade para vazão QI95	0.526	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.521	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.743	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.748	Utilidade para vazão QI80	0.715
Esperança da utilidade	1.09366	Esperança da utilidade	1.24696	Esperança da utilidade	1.09402	Esperança da utilidade	1.24697

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 84				Iteração 91			
Vazão Qo1	0.687	Vazão Qo1	0.783	Vazão Qo1	0.681	Vazão Qo1	0.789
Vazão Qo2	0.992	Vazão Qo2	0.978	Vazão Qo2	1.000	Vazão Qo2	0.970
Utilidade para vazão QI95	0.521	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.516	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.749	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.755	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09413	Esperança da utilidade	1.24697	Esperança da utilidade	1.09446	Esperança da utilidade	1.24699
Iteração 85				Iteração 92			
Vazão Qo1	0.686	Vazão Qo1	0.784	Vazão Qo1	0.680	Vazão Qo1	0.790
Vazão Qo2	0.993	Vazão Qo2	0.977	Vazão Qo2	1.001	Vazão Qo2	0.969
Utilidade para vazão QI95	0.520	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.516	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.750	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.756	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09413	Esperança da utilidade	1.24698	Esperança da utilidade	1.09457	Esperança da utilidade	1.24699
Iteração 86				Iteração 93			
Vazão Qo1	0.685	Vazão Qo1	0.785	Vazão Qo1	0.679	Vazão Qo1	0.791
Vazão Qo2	0.994	Vazão Qo2	0.976	Vazão Qo2	1.002	Vazão Qo2	0.968
Utilidade para vazão QI95	0.520	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.515	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.751	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.756	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09425	Esperança da utilidade	1.24698	Esperança da utilidade	1.09457	Esperança da utilidade	1.24699
Iteração 87				Iteração 94			
Vazão Qo1	0.684	Vazão Qo1	0.786	Vazão Qo1	0.678	Vazão Qo1	0.792
Vazão Qo2	0.995	Vazão Qo2	0.975	Vazão Qo2	1.003	Vazão Qo2	0.967
Utilidade para vazão QI95	0.519	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.515	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.752	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.757	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09425	Esperança da utilidade	1.24698	Esperança da utilidade	1.09467	Esperança da utilidade	1.24699
Iteração 88				Iteração 95			
Vazão Qo1	0.684	Vazão Qo1	0.786	Vazão Qo1	0.677	Vazão Qo1	0.793
Vazão Qo2	0.996	Vazão Qo2	0.974	Vazão Qo2	1.004	Vazão Qo2	0.966
Utilidade para vazão QI95	0.518	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.514	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.752	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.758	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09436	Esperança da utilidade	1.24698	Esperança da utilidade	1.09467	Esperança da utilidade	1.24700
Iteração 89				Iteração 96			
Vazão Qo1	0.683	Vazão Qo1	0.787	Vazão Qo1	0.677	Vazão Qo1	0.793
Vazão Qo2	0.998	Vazão Qo2	0.972	Vazão Qo2	1.005	Vazão Qo2	0.965
Utilidade para vazão QI95	0.518	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.513	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.753	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.759	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09436	Esperança da utilidade	1.24699	Esperança da utilidade	1.09478	Esperança da utilidade	1.24700
Iteração 90				Iteração 97			
Vazão Qo1	0.682	Vazão Qo1	0.788	Vazão Qo1	0.676	Vazão Qo1	0.794
Vazão Qo2	0.999	Vazão Qo2	0.971	Vazão Qo2	1.006	Vazão Qo2	0.964
Utilidade para vazão QI95	0.517	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.513	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.754	Utilidade para vazão QI80	0.715	Utilidade para vazão QI80	0.760	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09446	Esperança da utilidade	1.24699	Esperança da utilidade	1.09478	Esperança da utilidade	1.24700

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 98				Iteração 105			
Vazão Qo1	0.675	Vazão Qo1	0.795	Vazão Qo1	0.669	Vazão Qo1	0.801
Vazão Qo2	1.007	Vazão Qo2	0.963	Vazão Qo2	1.015	Vazão Qo2	0.955
Utilidade para vazão QI95	0.512	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.507	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.761	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.766	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09488	Esperança da utilidade	1.24700	Esperança da utilidade	1.09516	Esperança da utilidade	1.24701
Iteração 99				Iteração 106			
Vazão Qo1	0.674	Vazão Qo1	0.796	Vazão Qo1	0.668	Vazão Qo1	0.802
Vazão Qo2	1.009	Vazão Qo2	0.961	Vazão Qo2	1.016	Vazão Qo2	0.954
Utilidade para vazão QI95	0.511	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.507	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.761	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.767	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09488	Esperança da utilidade	1.24700	Esperança da utilidade	1.09525	Esperança da utilidade	1.24701
Iteração 100				Iteração 107			
Vazão Qo1	0.673	Vazão Qo1	0.797	Vazão Qo1	0.667	Vazão Qo1	0.803
Vazão Qo2	1.010	Vazão Qo2	0.960	Vazão Qo2	1.017	Vazão Qo2	0.953
Utilidade para vazão QI95	0.511	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.506	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.762	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.768	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09497	Esperança da utilidade	1.24700	Esperança da utilidade	1.09525	Esperança da utilidade	1.24702
Iteração 101				Iteração 108			
Vazão Qo1	0.672	Vazão Qo1	0.798	Vazão Qo1	0.667	Vazão Qo1	0.803
Vazão Qo2	1.011	Vazão Qo2	0.959	Vazão Qo2	1.018	Vazão Qo2	0.952
Utilidade para vazão QI95	0.510	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.506	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.763	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.769	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09497	Esperança da utilidade	1.24701	Esperança da utilidade	1.09534	Esperança da utilidade	1.24702
Iteração 102				Iteração 109			
Vazão Qo1	0.672	Vazão Qo1	0.798	Vazão Qo1	0.666	Vazão Qo1	0.804
Vazão Qo2	1.012	Vazão Qo2	0.958	Vazão Qo2	1.020	Vazão Qo2	0.950
Utilidade para vazão QI95	0.510	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.505	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.764	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.770	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09507	Esperança da utilidade	1.24701	Esperança da utilidade	1.09534	Esperança da utilidade	1.24702
Iteração 103				Iteração 110			
Vazão Qo1	0.671	Vazão Qo1	0.799	Vazão Qo1	0.665	Vazão Qo1	0.805
Vazão Qo2	1.013	Vazão Qo2	0.957	Vazão Qo2	1.021	Vazão Qo2	0.949
Utilidade para vazão QI95	0.509	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.504	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.765	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.770	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09507	Esperança da utilidade	1.24701	Esperança da utilidade	1.09543	Esperança da utilidade	1.24702
Iteração 104				Iteração 111			
Vazão Qo1	0.670	Vazão Qo1	0.800	Vazão Qo1	0.664	Vazão Qo1	0.806
Vazão Qo2	1.014	Vazão Qo2	0.956	Vazão Qo2	1.022	Vazão Qo2	0.948
Utilidade para vazão QI95	0.508	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.504	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.765	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.771	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09516	Esperança da utilidade	1.24701	Esperança da utilidade	1.09543	Esperança da utilidade	1.24702

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 112				Iteração 119			
Vazão Qo1	0.663	Vazão Qo1	0.807	Vazão Qo1	0.657	Vazão Qo1	0.813
Vazão Qo2	1.023	Vazão Qo2	0.947	Vazão Qo2	1.031	Vazão Qo2	0.939
Utilidade para vazão QI95	0.503	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.498	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.772	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.778	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09551	Esperança da utilidade	1.24702	Esperança da utilidade	1.09575	Esperança da utilidade	1.24703
Iteração 113				Iteração 120			
Vazão Qo1	0.662	Vazão Qo1	0.808	Vazão Qo1	0.656	Vazão Qo1	0.814
Vazão Qo2	1.024	Vazão Qo2	0.946	Vazão Qo2	1.032	Vazão Qo2	0.938
Utilidade para vazão QI95	0.502	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.498	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.773	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.779	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09551	Esperança da utilidade	1.24702	Esperança da utilidade	1.09583	Esperança da utilidade	1.24703
Iteração 114				Iteração 121			
Vazão Qo1	0.661	Vazão Qo1	0.809	Vazão Qo1	0.655	Vazão Qo1	0.815
Vazão Qo2	1.025	Vazão Qo2	0.945	Vazão Qo2	1.033	Vazão Qo2	0.937
Utilidade para vazão QI95	0.502	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.497	Utilidade para vazão QI95	0.711
Utilidade para vazão QI80	0.774	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.779	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09559	Esperança da utilidade	1.24702	Esperança da utilidade	1.09583	Esperança da utilidade	1.24703
Iteração 115				Iteração 122			
Vazão Qo1	0.660	Vazão Qo1	0.810	Vazão Qo1	0.654	Vazão Qo1	0.816
Vazão Qo2	1.026	Vazão Qo2	0.944	Vazão Qo2	1.034	Vazão Qo2	0.936
Utilidade para vazão QI95	0.501	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.497	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.774	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.780	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09559	Esperança da utilidade	1.24703	Esperança da utilidade	1.09590	Esperança da utilidade	1.24703
Iteração 116				Iteração 123			
Vazão Qo1	0.660	Vazão Qo1	0.810	Vazão Qo1	0.653	Vazão Qo1	0.817
Vazão Qo2	1.027	Vazão Qo2	0.943	Vazão Qo2	1.035	Vazão Qo2	0.935
Utilidade para vazão QI95	0.501	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.496	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.775	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.781	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09567	Esperança da utilidade	1.24703	Esperança da utilidade	1.09590	Esperança da utilidade	1.24704
Iteração 117				Iteração 124			
Vazão Qo1	0.659	Vazão Qo1	0.811	Vazão Qo1	0.653	Vazão Qo1	0.817
Vazão Qo2	1.028	Vazão Qo2	0.942	Vazão Qo2	1.036	Vazão Qo2	0.934
Utilidade para vazão QI95	0.500	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.495	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.776	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.782	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09567	Esperança da utilidade	1.24703	Esperança da utilidade	1.09597	Esperança da utilidade	1.24704
Iteração 118				Iteração 125			
Vazão Qo1	0.658	Vazão Qo1	0.812	Vazão Qo1	0.652	Vazão Qo1	0.818
Vazão Qo2	1.029	Vazão Qo2	0.941	Vazão Qo2	1.037	Vazão Qo2	0.933
Utilidade para vazão QI95	0.499	Utilidade para vazão QI95	0.711	Utilidade para vazão QI95	0.495	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.777	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.783	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09575	Esperança da utilidade	1.24703	Esperança da utilidade	1.09597	Esperança da utilidade	1.24704

Tabela II.3 (Cont.) - Simulação computacional para o Quadro III.

Iteração 126				Iteração 130			
Vazão Qo1	0.651	Vazão Qo1	0.819	Vazão Qo1	0.647	Vazão Qo1	0.823
Vazão Qo2	1.038	Vazão Qo2	0.932	Vazão Qo2	1.042	Vazão Qo2	0.928
Utilidade para vazão QI95	0.494	Utilidade para vazão QI95	0.712	Utilidade para vazão QI95	0.491	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.783	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.787	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09604	Esperança da utilidade	1.24704	Esperança da utilidade	1.09617	Esperança da utilidade	1.24704
Iteração 127				Iteração 131			
Vazão Qo1	0.650	Vazão Qo1	0.820	Vazão Qo1	0.646	Vazão Qo1	0.824
Vazão Qo2	1.039	Vazão Qo2	0.931	Vazão Qo2	1.044	Vazão Qo2	0.926
Utilidade para vazão QI95	0.493	Utilidade para vazão QI95	0.712	Utilidade para vazão QI95	0.491	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.784	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.788	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09604	Esperança da utilidade	1.24704	Esperança da utilidade	1.09617	Esperança da utilidade	1.24705
Iteração 128				Iteração 132			
Vazão Qo1	0.649	Vazão Qo1	0.821	Vazão Qo1	0.646	Vazão Qo1	0.824
Vazão Qo2	1.040	Vazão Qo2	0.930	Vazão Qo2	1.045	Vazão Qo2	0.925
Utilidade para vazão QI95	0.493	Utilidade para vazão QI95	0.712	Utilidade para vazão QI95	0.490	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.785	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.788	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09610	Esperança da utilidade	1.24704	Esperança da utilidade	1.09623	Esperança da utilidade	1.24705
Iteração 129				Iteração 133			
Vazão Qo1	0.648	Vazão Qo1	0.822	Vazão Qo1	0.645	Vazão Qo1	0.825
Vazão Qo2	1.041	Vazão Qo2	0.929	Vazão Qo2	1.046	Vazão Qo2	0.924
Utilidade para vazão QI95	0.492	Utilidade para vazão QI95	0.712	Utilidade para vazão QI95	0.489	Utilidade para vazão QI95	0.712
Utilidade para vazão QI80	0.786	Utilidade para vazão QI80	0.714	Utilidade para vazão QI80	0.789	Utilidade para vazão QI80	0.714
Esperança da utilidade	1.09610	Esperança da utilidade	1.24704	Esperança da utilidade	1.09623	Esperança da utilidade	1.24705