

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
ÁREA DE ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

**Análise de Conflitos na seleção de alternativas
de gerenciamento da demanda urbana de água**

Dissertação de Mestrado

Zédna Mara de Castro Lucena Vieira

Campina Grande – PB

Novembro de 2002

ZÉDNA MARA DE CASTRO LUCENA VIEIRA

**Análise de Conflitos na seleção de alternativas
de gerenciamento da demanda urbana de água**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Engenharia Civil da Universidade Federal
de Campina Grande (UFCG), em cumprimento
às exigências para obtenção do Grau de Mestre.

ORIENTADORA: Márcia Maria Rios Ribeiro

Campina Grande – PB

Novembro de 2002



V658a
2002

Vieira, Zédna Mara de Castro Lucena
Análise de Conflitos na seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água/ Zédna Mara de Castro Lucena Vieira – Campina Grande: UFCG, 2002
132 p.: il.

Dissertação (Mestrado). UFCG/CCT/DEC
Inclui bibliografia

1. Gestão de recursos hídricos 2. Gerenciamento da demanda urbana de água 3. Análise de Conflitos 4. Modelagem de conflitos I. Título

CDU: 556.18: 628.179


Análise de Conflitos na seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água

Zédna Mara de Castro Lucena Vieira

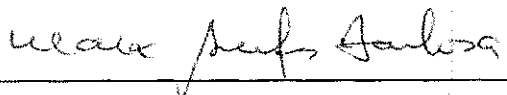
BANCA EXAMINADORA:



Prof^a. Márcia Maria Rios Ribeiro (UFCG)
(Orientadora)



Prof. Alain Marie B. Passerat de Silans (UFPB)
(Examinador externo)



Prof. Marx Prestes Barbosa (UFCG)
(Examinador interno)

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Jesus, Amigo e Mestre de todas as horas.

Aos meus amados marido e filho, Ruy Carlos e Luiz Ricardo, e ao meu querido pai, Josafá, cuja indelével lembrança me deu forças para prosseguir.

A minha mãe, Maria de Jesus, por todo o amor e dedicação.

Aos meus irmãos, Zélia Maria, Frederico José, Zênia Mary, José Edson e Paulo de Tarso, pelo amor e apoio em todos os momentos.

Às minhas tias, Rita e Stela, por seu amor e incentivo.

Aos meus sobrinhos, Hugo José, Denise, Carlos Eduardo e Ana Beatriz, e aos meus primos Miguel Ângelo, Luiz Philippe e Savyia Maria, pelo carinho.

À Professora Márcia Maria Rios Ribeiro, pela orientação deste trabalho, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade.

Ao Professor Milton Bezerra das Chagas, cujo estímulo foi fundamental à minha decisão em cursar o mestrado.

Aos Professores Edson da Costa Pereira e João Batista Queiroz, pela confiança em mim depositada ao me recomendarem para o curso.

Ao Professor e primo Josemir Castro, pelos conselhos e apoio.

A Valéria de Fátima Malta, doutoranda da Universidade Federal do Rio de Janeiro,
pela ajuda em relação ao uso do modelo utilizado na dissertação.

Ao Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFCG, Área de Recursos Hídricos:
aos professores, pelos ensinamentos ministrados;
aos colegas de mestrado, pelo incentivo
(especialmente a Leonardo Araújo Neves, companheiro de estudo e amigo);
aos funcionários, pela disponibilidade.

A todos aqueles que, de uma ou outra forma, me auxiliaram.

RESUMO

Ao longo das últimas décadas, a crescente consciência da água como recurso limitado, a preocupação com os problemas resultantes da rápida urbanização e com os riscos de escassez hídrica, conduziram a uma reformulação do modelo tradicional de gestão de recursos hídricos: a ótica de gerenciamento da oferta é ampliada, com a incorporação do conceito de desenvolvimento sustentável; o gerenciamento da demanda e a resolução de conflitos em recursos hídricos adquirem importância; e a tomada de decisão tem as suas características alteradas, tornando-se multiobjetivo e multiparticipante. Neste contexto, o gerenciamento da demanda urbana de água torna-se elemento essencial à implementação do novo modelo de gestão, ao mesmo tempo em que faz surgir novos tipos de conflitos em recursos hídricos, evidenciando a necessidade de serem utilizadas ferramentas de apoio à decisão adequadas à nova feição do processo decisório na gestão hídrica. Esta dissertação avalia a viabilidade de aplicação de técnicas de Análise de Conflitos no gerenciamento da demanda urbana de água. Para tanto, analisa a utilização do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR, como ferramenta de apoio à decisão, na seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água para a cidade de Campina Grande – PB, a qual convive, historicamente, com problemas no abastecimento de água potável. O modelo é avaliado – quanto à facilidade de implementação, às informações fornecidas para apoio à tomada de decisão e à capacidade em simular a realidade – através da simulação de três conflitos na tomada de decisão do Poder Público, baseados em dados reais sobre os grupos decisores envolvidos e suas respectivas preferências em relação às alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água a serem selecionadas. Além de servirem de base à avaliação da utilização de técnicas de Análise de Conflitos em problemas de gerenciamento da demanda urbana de água, os resultados obtidos são analisados, objetivando a identificação de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água que sejam consensuais para a cidade de Campina Grande – PB. Os resultados obtidos permitem concluir que as técnicas de Análise de Conflitos podem ser utilizadas para apoiar a decisão e identificar alternativas no gerenciamento da demanda urbana de água.

ABSTRACT

Along last decades, the increasing consciousness on water as a limited resource, the concern with problems ensued from fast urbanization and with water scarcity risks, led to a reformation of water resources management traditional model: supply management meaning is extended, incorporating sustainable development concept; demand management and water resources conflict resolution acquire significance; and decision making changes its characteristics, becoming multi-objective and multi-party. In this context, urban water demand management becomes essential element to implement management new model and, at the same time, makes to appear new kinds of water resources conflicts, showing the need of using appropriate decision support tools to the new water management decision making. This dissertation evaluates the viability on applying Conflict Analysis techniques to urban water demand management. So, analyses the Graph Model for Conflict Resolution – GMCR use, as decision support tool, in selecting urban water demand management options for Campina Grande city (Paraíba state, Brazil), which historically faces fresh water supply problems. The model is evaluated - concerning to its implement compliance, to the provided information for supporting decision making and to its capability in simulating reality – through three Public Authority decision making conflict simulations, based on real data related to the decision-makers groups involved and their respective preferences on urban water demand management options being selected. As basing the evaluation of Conflict Analysis techniques use to urban water demand management problems, the results are analysed in order to identify consensual urban water demand management options for Campina Grande city. The outcomes permit to conclude that Conflict Analysis techniques can be used for decision supporting and options identifying on urban water demand management.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
1. Introdução	1
2. Gestão de recursos hídricos e a resolução de conflitos	5
2.1 – Gestão de recursos hídricos	5
2.1.1 – A gestão de recursos hídricos no Brasil	8
2.1.2 – A gestão de recursos hídricos na Paraíba	13
2.1.3 – Cenários metas para a gestão de recursos hídricos	17
2.1.4 – O gerenciamento da demanda urbana de água	20
2.2 – O processo da tomada de decisão em recursos hídricos	30
2.3 – Conflitos em recursos hídricos	33
2.4 – Resolução de conflitos em recursos hídricos – Teorias e modelos	38
2.4.1 – Métodos de discussões e negociações	40
2.4.2 – Procedimentos de arbitragem e adjudicação	40
2.4.3 – Métodos de soluções institucionais	41
2.4.4 – Métodos baseados na Teoria dos Jogos	41
2.4.4.1 – A Teoria dos Jogos	41
2.4.4.2 – Análise de Conflitos	44
3. Metodologia	47
3.1 – O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR (Fang <i>et al</i> , 1993)	48
3.1.1 – Características do modelo	48

3.1.2 – Conceitos utilizados no modelo	49
3.1.3 – Estrutura de aplicação do modelo	51
3.1.4 – Caracterização metodológica do modelo	52
3.1.5 – O sistema de apoio à decisão GMCR	58
3.2 – Caso de estudo	58
3.2.1 – Características da cidade de Campina Grande – PB	59
3.2.2 – O abastecimento de água da cidade de Campina Grande – PB	59
3.2.3 – A crise no abastecimento de água (1998-2000) em Campina Grande - PB	61
3.2.4 – A situação atual do abastecimento de água em Campina Grande – PB	63
3.3 – Base de dados	65
3.3.1 – Grupos decisores	66
3.3.2 – Alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água	67
3.3.3 – Preferências	68
3.4 – Concepção dos conflitos a serem simulados	71
3.4.1 – Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público	72
3.4.2 – Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público	72
3.4.3 – Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público	73
4. Simulações e análise dos resultados	76
4.1 – Simulação do Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público	76
4.1.1 – Definição dos jogadores e suas opções	77
4.1.2 – Definição dos estados factíveis do conflito	78
4.1.3 – Definição das listas de alcance dos jogadores	79
4.1.4 – Definição dos vetores de preferências dos jogadores	81
4.1.5 – Identificação dos equilíbrios do conflito	84
4.1.6 – Análise de sensibilidade	86
4.1.7 – Análise dos resultados	87
4.1.8 – Informações para apoio à tomada de decisão	88
4.2 – Simulação do Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público	89
4.2.1 – Definição dos jogadores e suas opções	90

4.2.2 – Definição dos estados factíveis do conflito	91
4.2.3 – Definição das listas de alcance dos jogadores	92
4.2.4 – Definição dos vetores de preferências dos jogadores	94
4.2.5 – Identificação dos equilíbrios do conflito	98
4.2.6 – Análise dos resultados	101
4.2.6.1 – Análise dos resultados para as simulações do Grupo A	102
4.2.6.2 – Análise dos resultados para as simulações do Grupo B	103
4.2.7 – Informações para apoio à tomada de decisão	105
4.3 – Simulação do Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público	105
4.3.1 – Definição dos jogadores e suas opções	106
4.3.2 – Definição dos estados factíveis do conflito	107
4.3.3 – Definição das listas de alcance dos jogadores	108
4.3.4 – Definição dos vetores de preferências dos jogadores	109
4.3.5 – Identificação dos equilíbrios do conflito	109
4.3.6 – Análise de sensibilidade	110
4.3.7 – Análise dos resultados	111
4.3.8 – Informações para apoio à tomada de decisão	112
5. Conclusões e recomendações	114
6. Referências bibliográficas	121
Anexo 1 – Ilustração da aplicação do GMCR	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição dos Conselhos Nacional e Estadual (PB) de Recursos Hídricos (CNRH, 2002; SEMARH, 2002)	14
Tabela 2.2 – Cenários Metas (adaptado de Tucci, 2000)	18
Tabela 2.3 – Medidas Estruturais e Não Estruturais de Gerenciamento da Demanda Urbana de Água (Braga, 2001; Tomaz, 2001)	22
Tabela 2.4 – Distribuição da Água no Mundo (adaptado de Fernández-Jáuregui, 1999)	33
Tabela 2.5 – Conflitos em Recursos Hídricos (Homer-Dixon, 1991; Ohlsson, 1995; Gleick, 1998; MP-PB, 1999; MMA, 2002)	34
Tabela 2.6 – Classificação dos Conflitos em Recursos Hídricos (adaptado de Homer-Dixon, 1991; Lanna, 1997; Pacific Institute, 2000)	37
Tabela 3.1 – Resumo dos Critérios de Estabilidade (adaptado de Fang <i>et al</i> , 1993)	54
Tabela 3.2 – Consumo médio de Campina Grande – PB (CAGEPA, 2001)	59
Tabela 3.3 – Volume armazenado no Açude Público Epitácio Pessoa (LMRS, 2002)	64
Tabela 3.4 – Alternativas x Opções	68
Tabela 3.5 – Ordenamento das preferências dos grupos (adaptado de Braga, 2001)	69
Tabela 3.6 – Preferências do Grupo I – Poder Público (adaptado de Braga, 2001)	70
Tabela 3.7 – Preferências dos grupos para as alternativas do Grupo I – Poder Público	73
Tabela 3.8 – Alternativas e ordem de preferência por grupo decisor	74
Tabela 4.1 – Jogadores e Opções (Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público)	77
Tabela 4.2 – Estados factíveis do conflito (de Opiniões no Grupo I – Poder Público)	78
Tabela 4.3 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Opiniões no Grupo I)	80
Tabela 4.4 – Vetores de preferências dos jogadores (Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público)	83
Tabela 4.5 – Equilíbrios do conflito (de Opiniões no Grupo I – Poder Público)	84
Tabela 4.6 – Equilíbrios x Quantidade de opções selecionadas	87
Tabela 4.7 – Preferências dos grupos para as alternativas do Grupo I – Poder Público	90
Tabela 4.8 – Jogadores e Opções (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público)	91

Tabela 4.9 – Estados factíveis do conflito (de Aceitabilidade das Opções do Poder Público)	92
Tabela 4.10 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público)	93
Tabela 4.11 – Vetores de preferências para as simulações do Grupo A (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público)	96
Tabela 4.12 – Vetores de preferências para as simulações do Grupo B (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público)	97
Tabela 4.13 – Equilíbrios apontados para as simulações do Grupo A (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público)	99
Tabela 4.14 – Equilíbrios apontados para as simulações do Grupo B (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público)	99
Tabela 4.15 – Equilíbrios do Grupo A x Critério de Estabilidade	101
Tabela 4.16 – Equilíbrios do Grupo A x Critério de Estabilidade	102
Tabela 4.17 – Jogadores e Opções (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público)	106
Tabela 4.18 – Estados factíveis do conflito (de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público)	107
Tabela 4.19 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público)	108
Tabela 4.20 – Vetores de preferências dos jogadores (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público)	109
Tabela 4.21 – Equilíbrios do conflito (de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público)	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Conceitos incorporados à gestão de recursos hídricos	7
Figura 3.1 – Fluxograma do GMCR (adaptado de Fang <i>et al</i> , 1993)	52
Figura 3.2 – Problema de decisão do jogador i em jogo de n jogadores (Fang <i>et al</i> , 1993)	53

1 – INTRODUÇÃO

As últimas décadas do século XX, em consequência da maior compreensão dos sistemas naturais e dos danos que a ação antrópica lhes estava causando, foram palco da crescente preocupação mundial em relação aos recursos naturais do planeta, entre os quais, os recursos hídricos.

Durante séculos, a imagem do ‘Planeta Azul’ conduziu à percepção de que a água se constituía em recurso abundante. Tal percepção respaldava-se, de um ponto de vista global, na relação entre o total renovável da água doce – cerca de 14.000 km³ em rios e lagos – e o total de retiradas anuais – pouco mais de 4.000 km³ –, indicando a existência de amplas reservas, não sendo aprofundada a questão da distribuição heterogênea desses recursos entre os continentes e mesmo entre regiões de um país (Postel, 1992). Por exemplo, no Brasil, um dos países de maior disponibilidade hídrica do mundo (51.951 m³/ano/hab), podem ser encontrados números díspares de disponibilidade anual *per capita*, conforme a região considerada: Tocantins (região Norte) – 137.000 m³; São Paulo (região Sudeste) – 2.900 m³; Pernambuco (região Nordeste) – 1.300 m³ (ANA, 2002).

A consciência da água como recurso limitado – principalmente em função do conhecimento de números impactantes, tais como a existência de 1 bilhão de pessoas sem acesso a água potável – trouxe a preocupação sobre os problemas de escassez hídrica, passíveis de ocorrer como resultado do aumento da demanda e do uso excessivo (aspecto quantitativo) e da poluição (aspecto qualitativo), evidenciando:

- a complexidade da gestão hídrica, em que as múltiplas funções da água devem ser atendidas; e
- a necessidade de reformulação no modelo de gestão tradicional, onde a abordagem priorizava algumas funções em detrimento de outras, de maneira a vencer o desafio de “atender a tantas funções quanto possível, sem conflito”.

Nesta ótica, a gestão de recursos hídricos amplia o seu enfoque tradicional de gerenciamento da oferta, atribui papel importante ao gerenciamento da demanda de água e à resolução de conflitos em recursos hídricos, e altera as características do processo decisório, principalmente em nível político, tornando-o multiobjetivo e multiparticipante.

Por outro lado, a rápida urbanização que se processa no mundo – as projeções indicam que, por volta do ano 2025, cerca de 85% da população mundial viverá em áreas urbanas (United Nations, 2002) – e a conseqüente concentração de problemas hídricos nas cidades, tornam o gerenciamento da demanda urbana de água um fator essencial ao efetivo exercício do novo modelo de gestão dos recursos hídricos.

Embora os conflitos em recursos hídricos tenham lugar em todas as partes do mundo, com a característica de disputas por recursos escassos e praticamente desde os primórdios da história da humanidade, a implementação do novo modelo de gestão de recursos hídricos – e, particularmente, do gerenciamento da demanda – dá lugar a novos tipos de conflito, entre os quais podem ser incluídas as divergências de opiniões e interesses dos responsáveis pela tomada de decisão em recursos hídricos. Em conseqüência, torna-se necessária a utilização de ferramentas de resolução de conflitos que contemplem as peculiaridades dessas disputas: difícil estruturação e quantificação de resultados.

Entre as ferramentas de resolução de conflitos, a Análise de Conflitos, ramo da Teoria dos Jogos, vem se apresentando como um meio eficaz de estruturação dos conflitos, permitindo o seu estudo sistemático e a indicação de soluções que facilitem o consenso dos responsáveis pela tomada de decisão.

As descrições encontradas na literatura sobre a aplicação de técnicas de Análise de Conflitos em problemas de recursos hídricos, tratando principalmente de disputas relacionadas aos usos múltiplos de reservatórios, permitem que seja levantada a questão: “podem as técnicas de Análise de Conflitos ser aplicadas em problemas de gerenciamento da demanda urbana de água?” A pertinência da questão é devida à difícil avaliação das

medidas de gerenciamento da demanda urbana de água, cujas implicações técnicas, sociais, econômicas, ambientais e políticas não podem ser completamente quantificadas.

Neste contexto, esta dissertação foi desenvolvida com os seguintes objetivos:

Objetivo Geral:

- Avaliar a aplicação de técnicas de Análise de Conflitos como ferramenta de apoio à decisão no gerenciamento da demanda urbana de água;

Objetivos Específicos:

- Avaliar a utilização do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang *et al*, 1993) na definição de alternativas para o gerenciamento da demanda urbana de água;
- Indicar as alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água que sejam consensuais para a cidade de Campina Grande – PB (caso de estudo escolhido).

A escolha do caso de estudo deveu-se, principalmente, à crise ocorrida no período de 1998 a 2000, quando a cidade de Campina Grande enfrentou a iminência do colapso total do seu abastecimento de água potável. A análise dos diversos fatores que conduziram a tal situação – a par com o conhecimento da história do abastecimento de água da cidade – mostra essa crise como um caso típico da falta de gestão de recursos hídricos. A efetiva participação da sociedade campinense na procura de soluções que afastassem os riscos de colapso, em contrapartida, indica que pode ser encontrado um terreno fértil para a implementação de medidas de gerenciamento da demanda urbana de água na cidade.

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, incluindo esta Introdução, estando o conteúdo dos demais capítulos descrito a seguir.

- Capítulo 2 – revisão bibliográfica sobre:

- Gestão de Recursos Hídricos – abordando as características principais do novo modelo de gestão hídrica; analisando a gestão de recursos hídricos no Brasil e no estado da Paraíba; e tratando do gerenciamento da demanda urbana de água;

- Processo da Tomada de Decisão em Recursos Hídricos – apresentando conceitos e classificações gerais dos processos de tomada de decisão; indicando as particularidades do processo de tomada de decisão em recursos hídricos; e indicando ferramentas de apoio;

- Conflitos em Recursos Hídricos – indicando razões, exemplos, fontes e categorias de conflitos em recursos hídricos;

- Resolução de Conflitos em Recursos Hídricos – apresentando estratégias, métodos, teorias e modelos para a resolução de conflitos.

- Capítulo 3 – em que é apresentada a metodologia adotada, indicando as etapas seguidas e descrevendo:

- O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang *et al*, 1993) – indicando as suas características, estrutura de aplicação e caracterização metodológica;

- O Caso de Estudo – explicando as razões da escolha e apresentando características da cidade de Campina Grande – PB, um histórico do abastecimento d'água na cidade e da crise ocorrida no período de 1998 a 2000, e dados sobre a situação atual do abastecimento d'água da cidade;

- Base de Dados – indicando como foram obtidos e quais os dados considerados nas aplicações do modelo;

- Concepção dos Conflitos a Serem Simulados – explicando o foco na atuação do Poder Público e descrevendo os conflitos simulados.

- Capítulo 4 – em que são detalhadamente descritas as simulações feitas e analisados os resultados obtidos, para cada simulação, com a aplicação do modelo.

- Capítulo 5 - onde são apresentadas:

- Conclusões – referentes aos objetivos geral e específicos da dissertação, baseadas na avaliação do modelo quanto a: implementação, informações fornecidas para a tomada de decisão e capacidade em simular a realidade; e

- Recomendações – indicando tópicos que podem ser abordados para continuidade da pesquisa efetuada.

2. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E A RESOLUÇÃO DE CONFLITOS

Este capítulo está organizado de forma a fornecer uma visão geral sobre cada um dos seguintes assuntos:

- Gestão de recursos hídricos;
- Processo de tomada de decisão em recursos hídricos;
- Conflitos em recursos hídricos; e
- Resolução de conflitos em recursos hídricos – teorias e modelos.

2.1 – Gestão de Recursos Hídricos

Até recentemente, a gestão de recursos hídricos tinha como foco único a solução do problema de garantir a oferta de água para satisfação das demandas crescentes, traduzindo-se em obras hidráulicas construídas em função de análises de custo-benefício, normalmente financiadas por organismos estatais. Este modelo de gestão tem se alterado profundamente nas últimas décadas, em consequência de vários fatores, entre os quais:

- a crescente preocupação mundial com o meio ambiente, que introduziu o conceito de desenvolvimento sustentável no gerenciamento dos recursos naturais (“o desenvolvimento sustentável satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades”);

- a diversificação dos usos e as fortes pressões na demanda de água, resultantes do aumento populacional (com concentração nas cidades), da expansão industrial, do avanço tecnológico e das agriculturas irrigadas, entre outras causas (FAO, 2002a);

- a degradação da qualidade da água de muitos mananciais, pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais, tornando-a imprópria ao consumo humano e à manutenção dos ecossistemas aquáticos (United Nations, 2002);

- a necessidade de se buscarem fontes hídricas alternativas cada vez mais distantes e a um custo mais alto, aliada à redução da capacidade de investimento/financiamento dos Estados, dificultando a construção das obras hidráulicas necessárias à ampliação da oferta de água (FAO, 2002b);

- a possibilidade de um colapso ambiental pela falta de água potável, como consequência da demanda crescente e de padrões inadequados de uso e manejo (Gama, 2000; Rogers, 2000).

Assim, a gestão de recursos hídricos passa a considerar dois aspectos distintos mas intimamente relacionados (Winpenny, 1994):

- o gerenciamento da oferta de água, onde, além da satisfação da demanda atendendo aos requisitos técnicos e de menor custo econômico, assume capital importância a sustentabilidade da bacia hidrográfica; e

- o gerenciamento da demanda de água, que consiste na adoção de medidas que propiciem o uso racional e a consequente redução do consumo de água.

Além dessa mudança de enfoque, há uma tendência mundial no sentido de promover a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos (Carvalho, 1998; Van Hofwegen e Jaspers, 2000; United Nations, 2002). Neste contexto, a gestão hídrica perde a sua característica de 'atividade técnica e apolítica' (Mostert, 1998), desde que as decisões deixam de ter um único decisor, representado (na maioria das vezes) por uma entidade governamental, e um único objetivo – a satisfação da demanda pelo aumento da oferta ao menor custo econômico – e se tornam mais complexas, envolvendo (Tavares e Lanna, 1998; Ubbels e Verhallen, 2001):

- múltiplos aspectos (múltiplos objetivos) – interesses políticos, gerenciamento ambiental, desenvolvimento econômico, saúde pública, bem-estar social;

- múltiplos decisores - com a representação de todos os grupos da sociedade cujas ações afetam (ou podem ser afetadas por) os resultados das decisões.

A Figura 2.1 mostra o inter-relacionamento dos conceitos que dão novo sentido à gestão de recursos hídricos, indicando que esta só pode ser considerada completa quando os três elementos – sustentabilidade, gestão da oferta e da demanda e tomada de decisão multiobjetivo e multidecisor – são considerados simultaneamente.

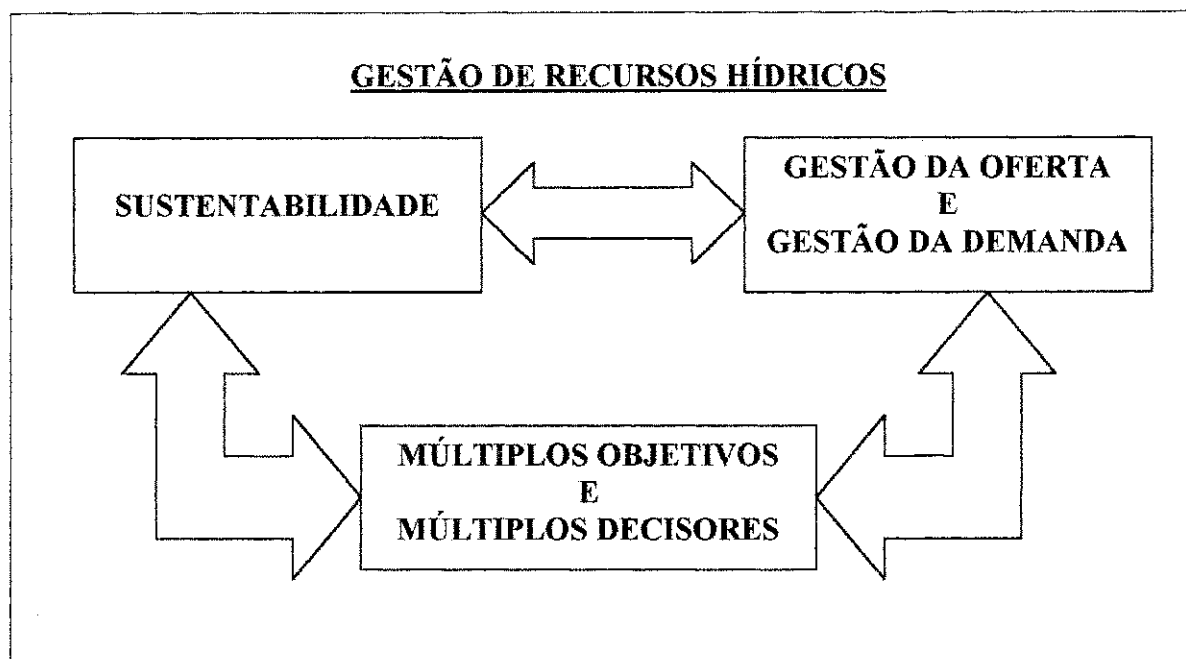


Figura 2.1 – Conceitos incorporados à gestão de recursos hídricos

O novo modelo de gestão de recursos hídricos implica em:

- considerar a gestão hídrica no sentido de 'manejo integrado de recursos hídricos' (World Water Commission, 2000), definido como "um conjunto de atividades que levam devidamente em conta os importantes vínculos físicos, econômicos, sociais e culturais existentes no sistema de recursos hídricos" (Hufschmidt e Kindler, 1991 *apud* Gladwell, 1997), requerendo o efetivo desempenho de três funções (Van Hofwegen e Jaspers, 2000):

- a) institucional – relativa à política e legislação hídrica;
- b) organizacional – que se refere à coordenação, planejamento, tomada de decisão e fiscalização do uso e dos usuários da água em sistemas hídricos; e
- c) operacional – voltada ao controle do uso da água para propósitos definidos, com o fim de satisfazer necessidades e demandas específicas;

- adotar métodos de tomada de decisão que permitam considerar não apenas os aspectos técnico-científicos da questão hídrica, mas também os fatores não técnicos – sociais, políticos, legais e institucionais – intervenientes, e que se constituam em processos

de cooperação entre os decisores (Adams, 2001; Ubbels e Verhallen, 2001; Van de Ven *et al*, 2001);

- utilizar novas (no sentido de sua aplicação específica) ferramentas para apoiar o processo da tomada de decisão em recursos hídricos (Simonovic, 1996); e

- considerar os ‘conflitos em recursos hídricos’, fazendo da resolução de conflitos um componente essencial da gestão hídrica (Mostert, 1998).

Cada um desses aspectos do novo modelo de gestão de recursos hídricos é discutido a seguir:

- a gestão de recursos hídricos tem as suas funções analisadas com base na realidade brasileira, nos níveis federal e estadual, com um maior detalhamento da situação da gestão hídrica no estado da Paraíba;

- o gerenciamento da demanda de água é analisado com relação às medidas que podem ser adotadas no sentido de racionalizar o uso da água em centros urbanos;

- métodos de tomada de decisão e ferramentas de apoio à decisão, com as características requeridas, são apresentados; e

- os conflitos em recursos hídricos são classificados de acordo com a sua origem, sendo mostrados exemplos de ocorrência desses conflitos em várias partes do mundo, no Brasil e no estado da Paraíba, e apresentados teorias e modelos voltados à resolução de conflitos.

2.1.1 – A Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

As primeiras experiências brasileiras no sentido de aplicação do novo modelo de gestão de recursos hídricos, ocorreram na década de 1980, resultantes de iniciativas isoladas como a criação de associações de usuários e de comitês de bacia hidrográfica. Exemplo disto é a criação dos comitês estaduais das bacias dos rios dos Sinos e Gravataí, no estado do Rio Grande do Sul, por iniciativa dos habitantes dos municípios inseridos nas bacias hidrográficas e com o apoio do governo estadual. Apesar de sua função apenas consultiva, tais comitês conseguiram, ao longo dos anos, reorientar investimentos públicos na sua área de atuação (Tucci *et al*, 2000).

A promulgação da Constituição Federal de 1988, estabelecendo o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225) e definindo como competência da União “instituir um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir

critérios de outorga de direitos de seu uso” (inciso XIX do art.21), constitui-se em marco legal para a instituição de uma política de recursos hídricos no país.

Assim, como resultado de um longo processo de avaliação das experiências de vários países e de alguns estados da Federação (por exemplo, São Paulo e Rio Grande do Sul), em 8 de janeiro de 1997 foi promulgada a Lei nº 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH (Tucci *et al*, 2000).

O texto da Lei 9.433/97 proclama os princípios básicos praticados hoje em quase todos os países que utilizam o novo modelo de gestão hídrica:

- a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- usos múltiplos da água;
- reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável;
- reconhecimento do valor econômico da água;
- gestão descentralizada e participativa;

e estabelece cinco instrumentos de política para o setor, a saber:

- os Planos de Recursos Hídricos – planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da PNRH, elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o país ;

- o enquadramento dos corpos d’água em classes de usos preponderantes – que permite o monitoramento dos mananciais, permitindo a ligação entre a gestão da quantidade e a gestão da qualidade da água;

- a outorga de direito de uso dos recursos hídricos – possibilitando controlar e disciplinar o uso dos recursos hídricos;

- a cobrança pelo uso da água – para criar condições de equilíbrio entre a oferta e a demanda; e

- o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – objetivando: coletar, organizar, criticar e difundir a base de dados relativa aos recursos hídricos, seus usos, o balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia hidrográfica; e prover os gestores, os usuários, a sociedade civil e outros segmentos interessados, com as condições necessárias à formação de opinião e à seleção de alternativas no processo de tomada de decisão.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH compreende os seguintes organismos e instâncias:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos – instância deliberativa e normativa máxima do Sistema, responsável pela definição das diretrizes da PNRH;

- Agência Nacional de Águas – ANA – autarquia de regime especial, criada posteriormente à Lei nº 9.433/97, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente – MMA, tem por objetivo implementar a PNRH, na sua esfera de atribuições, e coordenar o SINGREH;

- Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos – criados nos Estados e Distrito Federal, são os responsáveis pela resolução de conflitos nas bacias hidrográficas em que atuam e pela aprovação dos planos estaduais (e distrital) de recursos hídricos;

- Comitês de Bacia Hidrográfica – instância deliberativa e normativa no âmbito de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica, são responsáveis pela aprovação dos planos da bacia (ou sub-bacia), dos valores da cobrança pelo uso da água e das prioridades de uso dos recursos hídricos em sua área de atuação. São integrados por representantes do poder público (federal, estadual e municipal), de usuários e da sociedade civil organizada;

- Agências de Água (que vêm sendo também chamadas de Agências de Bacia) – constituem-se na secretaria executiva dos comitês de bacia hidrográfica, sendo responsáveis pela execução das decisões dos comitês e, mediante autorização do outorgante, pela cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;

- Órgãos e entidades do serviço público (federal, estadual, distrital e municipal) – com atuação relevante na gestão de recursos hídricos, participam de todas as instâncias decisórias do SINGREH.

A implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos vem sendo feita de forma lenta e heterogênea no âmbito do país. Exemplificando o andamento desse processo, algumas ações (e omissões) são relacionadas a seguir (Tucci *et al*, 2000; Lanna *et al*, 2002):

- no nível federal:
 - criação da Agência Nacional de Água - ANA (Lei Nº 9.984, de 18 de julho de 2000);
 - criação dos Comitês de Bacia para os rios Paraíba do Sul (estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais), Alto Paraguai (estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso) e Piranhas-Açu (estados da Paraíba e Rio Grande do Norte), estando em formação o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (ANA, 2002);

- contratada a elaboração de diversos Planos de Bacia Hidrográfica de rios federais;

- implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, coordenado pela ANA;

- elaboração de um Plano Nacional de Recursos Hídrico, pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos), apresentando um diagnóstico dos problemas de recursos hídricos das oito grandes bacias brasileiras – ainda não divulgado;

- estabelecimento (Resolução nº 12, de 19 de julho de 2000, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos) dos procedimentos a serem seguidos para o enquadramento de corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA nº 20/86), considerando as estruturas federal e estaduais de gestão dos recursos hídricos;

- estabelecimento dos critérios gerais para emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos, através da Resolução nº 16, de 8 de maio de 2001, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos;

- a instituição da cobrança pelo uso de recursos hídricos, no sentido de definição de valores a serem cobrados, está sendo determinada pelo CNRH em função de análise e parecer favorável da ANA quanto a deliberações dos comitês de bacia hidrográfica, ou seja, é feita por bacia hidrográfica federal; assim, pela Resolução CNRH nº19, de 14 de março de 2002, foi definida a cobrança pelo uso de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, primeira bacia hidrográfica federal a utilizar tal instrumento;

- no nível estadual:

- legislação sobre gerenciamento de recursos hídricos, com fundamentos semelhantes à Lei nº 9.433/97 (Conselho, órgão gestor público central, comitês e agências de bacia), em 17 estados – Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe – e no Distrito Federal; as leis estaduais, no entanto, diferem entre si, em alguns aspectos (por exemplo (ANA, 2002), o estado do Paraná adotou parâmetros distintos para as agências de água, possibilitando o exercício de suas funções pelos Consórcios de Municípios; o estado do Rio Grande do Sul,

com lei anterior à Lei nº 9.433/97, prevê a possibilidade de criação de agência de bacia ou de região hidrográfica; os estados do Mato Grosso, Pernambuco, Ceará, Bahia e Paraíba não prevêem a agência de bacia em sua estrutura de gestão, embora o estado do Ceará tenha criado a COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará, a qual desempenha funções similares a uma agência estadual de água);

- propostas em discussão, para leis similares, nos estados do Mato Grosso do Sul (região Centro-Oeste) e do Piauí (região Nordeste), complementando as respectivas regiões;

- nenhum dos estados da região Norte – Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins – tem uma lei específica sobre o gerenciamento de recursos hídricos (Tucci *et al*, 2000: a maior disponibilidade hídrica por habitante, que reduz a significância dos conflitos pelo uso da água, pode explicar esse atraso em relação ao resto do país);

- entre os estados que já dispõem de legislação específica, a instalação de Comitês de Bacia Hidrográfica está praticamente concluída em alguns estados (por exemplo, os estados de São Paulo, com 20 comitês (SIGRH – SP, 2002) e Ceará, com 7 comitês (SRH – CE, 2002)) e ainda por iniciar em outros (caso do estado da Paraíba, com nenhum comitê instalado (SEMARH, 2002));

- Planos de Bacia Hidrográfica já existem em vários estados do país, embora, por força das diferenças entre as legislações estaduais, nem sempre elaborados por Agências de Águas de Comitês de Bacias;

- Planos Estaduais de Recursos Hídricos, de forma geral, estão previstos como uma integração dos planos de bacia hidrográfica de cada estado;

- a outorga de direitos de uso de recursos hídricos está sendo feita nos estados, de forma geral, através das Secretarias Estaduais responsáveis pela gestão hídrica e/ou ambiental, com base em leis estaduais que incorporam o espírito da outorga como definida pela Lei Federal nº 9.433/97;

- a cobrança pelo uso da água está implantada em alguns estados (caso, por exemplo, do estado do Ceará, onde, em uma primeira etapa, foram fixados valores para os usuários industriais e para as concessionárias de serviços de água potável, estando em discussão, nas comissões de usuários e comitês de bacias, a cobrança para irrigação (COGERH, 2002)) e sequer foi iniciada em outros (caso do estado da Paraíba), enfatizando a relação entre as funções organizacional e operacional da gestão de recursos hídricos.

2.1.2 – A Gestão de Recursos Hídricos no Estado da Paraíba

A Política de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (PERH/PB) foi instituída pela Lei nº 6.308 de 2 de julho de 1996, a qual foi complementada e alterada pela Lei nº 6.544 de 20 de outubro de 1997, que cria a Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH. Anterior à Lei nº 9.433/97, a PERH/PB enfatiza, no entanto, que devem ser observadas as disposições das “constituições e legislações Federal e Estadual e a Política Nacional do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos”.

Os instrumentos de execução da PERH/PB são (art. 4º da Lei nº 6.308/96):

- o Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, composto de um órgão de deliberação (o Conselho Estadual de Recursos Hídricos) e um órgão gestor (a SEMARH);

- o Plano Estadual de Recursos Hídricos, a ser instituído por Lei, com base nos Planos das Bacias Hidrográficas;

- Planos e Programas Intergovernamentais, a serem promovidos pelo Estado em conjunto com outros níveis de Governo – federal, estadual e municipal – mediante convênios.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos é presidido pelo Secretário Extraordinário do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais, e tem como membros: os Secretários de Estado de Agricultura, Irrigação e Abastecimento e de Infra-Estrutura, um representante de cada uma das quatro regiões fisiográficas, designados pelas associações de prefeitos, e um representante de cada um dos seguintes órgãos: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, Instituto Brasileiro do Meio-Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Importante notar a diferença entre a composição do Conselho Estadual e a do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (art. 34 da Lei Federal nº 9.433/97), em termos da participação de usuários e de organizações civis de recursos hídricos, conforme pode ser visto na Tabela 2.1(CNRH, 2002; SEMARH, 2002):

Tabela 2.1 – Composição dos Conselhos Nacional e Estadual (PB) de Recursos Hídricos.

Representação	CNRH (CNRH, 2002)	CERH/PB (SEMARH, 2002)
Poder Público e organizações estatais (federais e estaduais)	<ul style="list-style-type: none"> - Ministro do Meio Ambiente (presidente) - Secretário de Recursos Hídricos (secretário executivo) - 1 representante de cada um dos Ministérios: Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ciência e Tecnologia; Fazenda; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Justiça; Defesa (Comando da Marinha); Meio Ambiente; Planejamento, Orçamento e Gestão; Relações Exteriores; Saúde; Transportes; Integração Nacional; Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República. - 1 representante de cada uma das Agências: ANA e ANEEL. - 1 representante de Conselho Estadual de Recursos Hídricos para cada região do país: Norte (Pará); Sul (Rio Grande do Sul); Centro-Oeste (Goiás); Nordeste (Pernambuco) e Sudeste (São Paulo). <p style="text-align: right;">Total: 21 membros</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Secretário Extraordinário do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais; - Secretário de Agricultura, Irrigação e Abastecimento; - Secretário de Infra-Estrutura; - 1 representante de cada uma das quatro regiões fisiográficas (associações de prefeitos); - 1 representante de cada um dos órgãos: DNOCS; SUDENE ; IBAMA ; UFPB. <p style="text-align: right;">Total: 11 membros</p>
Usuários	<ul style="list-style-type: none"> - 1 representante de cada setor: Irrigantes; Prestadoras de Serviço Público de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário; Concessionárias e Autorizadas de Geração Hidrelétrica; Setor Hidroviário; Indústrias; Pescadores e Usuários de Recursos Hídricos com Finalidade de Lazer ou Turismo. <p style="text-align: right;">Total: 6 membros</p>	<p>Não prevista</p> <p style="text-align: right;">Total: 0 membro</p>
Organizações Civis	<ul style="list-style-type: none"> - 1 representante de cada classe: Comitês, Consórcios e Associações Intermunicipais das Bacias Hidrográficas; Organizações Técnicas e de Ensino e Pesquisa; Organizações Não Governamentais. <p style="text-align: right;">Total: 3 membros</p>	<p>Não prevista</p> <p style="text-align: right;">Total: 0 membro</p>

Vale salientar que do ano de 1997 a esta data (outubro de 2002), alguns fatos ocorridos nos cenários nacional e estadual vieram afetar diretamente a composição do Conselho Estadual – a extinção da SUDENE, a reestruturação organizacional do DNOCS e a criação da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG a partir do desmembramento da Universidade Federal da Paraíba - UFPB – embora o artigo 7º da Lei Estadual 6.308/96 tenha permanecido inalterado.

A composição do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, como mostra a Tabela 2.1, contraria o conceito de gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, mantendo todo o poder decisório exclusivamente no âmbito do Poder Público (embora o CNRH também apresente uma grande desproporção entre os três segmentos ali

representados, contrariando o Parágrafo único do art. 34 da Lei nº 9.433/97, que determina que “o número de representantes do Poder Executivo Federal não poderá exceder à metade mais um do total dos membros do Conselho Nacional de Recursos Hídricos”, quando essa representação totaliza 17 membros de um total de 30 membros no Conselho). Mas mesmo essa “concentração de poder” poderia ser considerada uma divisão, evitada até o momento com a não instalação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, em flagrante falta de vontade política, enquanto a Secretaria Extraordinária de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH continua a decidir – de forma solitária - os rumos da Política de Recursos Hídricos no estado da Paraíba.

A Lei nº 7.033, de 29 de novembro de 2001, criou a Agência de Águas, Irrigação e Saneamento do Estado da Paraíba – AAGISA (vinculada à SEMARH), que tem a finalidade de implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos e exercer, mediante autorização expressa nessa lei ou por delegação dos titulares de direitos, a regulação e fiscalização das atividades de irrigação e saneamento no território do Estado da Paraíba (SEMARH, 2001).

Previstas na Lei nº 6.544/97, as Gerências de Bacias Hidrográficas – subordinadas à SEMARH e dividindo o estado em quatro áreas, abrangendo a totalidade das bacias hidrográficas do estado – terão, entre outras, as seguintes atribuições: administrar e controlar o uso, oferta e preservação dos recursos hídricos; manter atualizados os cadastros dos usuários de água e das obras hidráulicas; fiscalizar a utilização das vazões outorgadas; apoiar e colaborar com a implantação de organizações de usuários de água (SEMARH, 2001). Verifica-se, portanto, que as Gerências de Bacias Hidrográficas devem assumir algumas das funções definidas para as Agências de Água na Lei 9.433/97, enquanto outras, como a elaboração dos Planos de Bacias Hidrográficas, ficam a cargo da própria SEMARH. As Gerências de Bacias Hidrográficas ainda não estão instaladas.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas, de acordo com o Parágrafo Único do artigo 10 da Lei nº 6.308/96, poderão ser criados por Decreto do Governador do Estado. O processo adotado para formação dos Comitês inicia-se com a criação de uma Comissão Pró-Comitê da Bacia, integrada por representantes da SEMARH e dos municípios inseridos na bacia. Esta Comissão é encarregada de promover reuniões com os diversos setores da sociedade (mobilização), no sentido de divulgar a Política Estadual de Recursos Hídricos, discutir e aprovar a composição e a minuta do regimento interno do Comitê, providenciando a

elaboração de documento solicitando a criação do Comitê e submetendo-o ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos para aprovação.

Encontram-se em fase de mobilização da sociedade civil organizada e dos usuários de água, os Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Paraíba (envolvendo quatro sub-bacias: Taperoá, Alto Paraíba, Médio Paraíba e Baixo Paraíba), Gramame, Abiaí-Popocas, Mamanguape e Camaratuba (os dois primeiros desde janeiro e junho de 2001, respectivamente, e os três últimos desde julho de 2002). A composição dos Comitês, em princípio, respeitará os limites estabelecidos pela Resolução nº 5 da Agência Nacional de Águas – ANA, que recomenda: Poder Público Estadual (20%), Poder Público Municipal (20%), Usuários da Água (40%) e Sociedade Civil Organizada (20%) (SEMARH, 2001, 2002).

Nenhum Comitê de Bacia Hidrográfica estadual foi aprovado ainda. Apenas o Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, bacia federal inserida em territórios dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, está aprovado desde 1997, mas não está ainda instalado (SEMARH, 2001), visto necessitar que seu estatuto seja aprovado pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos da Paraíba (ainda não instalado) e do Rio Grande do Norte.

Os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas encontram-se em elaboração para as diversas bacias paraibanas, alguns em estágio mais avançado (por exemplo, para as bacias dos rios Gramame e Jacu-Curimataú) ou na fase de estudos de base (como para a bacia do rio do Peixe), sendo efetuados com diferentes enfoques, de acordo com Lanna *et al* (2002).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos deverá ter como base os Planos de Bacias Hidrográficas (Planos Diretores), os quais não estão sendo feitos de acordo com o preconizado pela Lei nº 9.433/97, ou seja, de forma descentralizada e participativa, visto a demora na implantação dos Comitês de Bacias. Enquanto isso não acontece, o Governo Estadual e a SEMARH estão implantando o chamado “Plano das Águas”, o qual envolve principalmente a construção de barragens e adutoras para ampliação da oferta de água em alguns municípios do estado da Paraíba, indicando que a velha visão de “gestão de recursos hídricos = aumento da oferta de água” ainda prevalece no estado da Paraíba.

2.1.3 – Cenários metas para a gestão de recursos hídricos

Tendo em vista o exposto, pode ser depreendido que o panorama da gestão dos recursos hídricos no Brasil apresenta alguns descompassos entre as funções institucional, organizacional e operacional, conforme definidas por Van Hofwegen e Jaspers (2000), tanto em nível nacional quanto – e de forma mais pronunciada – em alguns estados do país.

No caso específico do estado da Paraíba, a situação aqui descrita deixa transparecer uma transição da fase legal e institucional para a organizacional, com alguns tímidos movimentos no sentido da implementação da função operacional (por exemplo, a outorga de direito de uso da água já é feita no estado, mas a cobrança não foi instituída). Essas iniciativas, no entanto, ressentem-se de um planejamento mais direcionado à efetiva implantação de uma Política Estadual de Recursos Hídricos dentro do novo modelo de gestão hídrica.

Segundo Barth (2000), a dicotomia entre a consciência dos gestores e administradores da água sobre a necessidade da gestão hídrica e as dificuldades de implementação dos conceitos preconizados pela Lei nº 9.433/97, pode ser explicada por dois fatos: a organização do Estado ser fortemente setorizada, “com entidades especialistas em saneamento, energia, irrigação, etc... resistentes à visão do uso integrado dos recursos hídricos e da descentralização de compartilhamento das decisões”; e a burocratização do setor ambiental - que age “quase que exclusivamente por meio de instrumentos jurídicos de comando e de controle” – ao qual está subordinada a gestão de recursos hídricos. Esta conjunção de fatores faz com que “o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado dos recursos hídricos, base da nova política estabelecida pela legislação brasileira” enfrente “grandes resistências dentro da administração pública”.

Tucci *et al* (2000) apresentam três cenários possíveis de ocorrerem em função da orientação dada à gestão dos recursos hídricos:

- Cenário Crítico – os recursos hídricos são explorados sem um planejamento adequado. Admite-se o novo modelo de gestão hídrica, sem que haja qualquer mudança nas práticas correntes de gerenciamento, podendo levar à ocorrência da crise da água em diferentes regiões;

- Cenário de Economia, Tecnologia e Setor Privado (Otimista) – a gestão hídrica objetiva o desenvolvimento sustentável e adota as leis de mercado e tecnologia com grandes investimentos privados; a base do desenvolvimento, neste cenário, é uma efetiva

participação entre os setores público e privado, na busca dos padrões adequados para a sociedade e o ambiente;

- Cenário de Valores Humanos e Padrões Básicos de Qualidade de Vida (Valores Humanos) – o desenvolvimento ocorre no sentido de restaurar valores éticos (liberdade, respeito, responsabilidade, tolerância, solidariedade, entre outros) e de atingir padrões ideais de qualidade de vida.

A Tabela 2.2 mostra esses cenários em uma visão tendencial aplicada à realidade brasileira, considerando um horizonte de 25 anos (até 2025):

Tabela 2.2 – Cenários Metas (adaptado de Tucci *et al*, 2000).

Aspectos	Crítico	Otimista	Valores humanos
Institucionais	<ol style="list-style-type: none"> 1) A regulamentação da legislação é aprovada, mas a resistência pela cobrança pelo uso da água, falta de mecanismos econômicos e de agências, mantém o cenário atual sem gerenciamento integrado; 2) Limitada ação estadual e municipal no gerenciamento dos recursos hídricos 3) Privatização apenas dos serviços rentáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Regulamentação da legislação é aprovada; 2) O sistema de cobrança pelo uso da água é implementado; 3) Comitês e agências são criados; 4) Bacias hidrográficas são administradas por usuários, sociedade civil e governos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Regulamentação da legislação aprovada; 2) O sistema de cobrança pelo uso da água é implementado 3) Comitês e agências são criados. os condicionantes sociais; 4) Bacias hidrográficas são administradas por usuários, sociedade civil, governos e ambientalistas.
Desenvolvimento urbano	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumento da falta de água nas grandes metrópoles e cidades médias, onde deve se concentrar o aumento da urbanização; 2) Aumento das doenças de veiculação hídrica e contaminação química; 3) Retrocesso na mortalidade infantil e na expectativa de vida em regiões críticas; 4) Agravamento sanitário dos rios próximos das cidades e de toda a rede de drenagem. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Os sistemas de água potável e saneamento são privatizados; 2) A população paga pelos serviços e pelo aumento da disponibilidade e controle dos efluentes; 3) Melhoria dos indicadores sociais e redução das doenças; 4) Recuperação da qualidade da água dos rios contaminados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Os sistemas de água potável e saneamento são parcialmente privatizados; 2) O poder público atua para garantir o atendimento independente da capacidade de pagamento de parte da população; 3) Melhoria dos indicadores sociais e redução das doenças.
Desenvolvimento rural	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumento da poluição difusa; 2) Perda de solo, desertificação e aumento do desmatamento; 3) Limitada expansão da irrigação para fruticultura devido a baixa disponibilidade; 4) Agravamento dos conflitos de uso. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) O uso de práticas agrícolas adequadas é disseminado pela melhor rentabilidade das safras; 2) Uso de tecnologia para racionalização do uso da água e controle de efluentes; 3) Expandida a conservação do solo e aumento de produtividade. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) O uso de práticas agrícolas adequadas é disseminado pela melhor rentabilidade das safras; 2) Uso de tecnologia para racionalização do uso da água; 3) Apoio técnico rural às pequenas comunidades; 4) Educação e saúde e tecnologias associadas à reforma agrária.

Tabela 2.2 – Cenários Metas (adaptado de Tucci *et al*, 2000) - Continuação.

Aspectos	Crítico	Otimista	Valores humanos
Energia	<ol style="list-style-type: none"> 1) Matriz energética pouco diversificada; 2) Falta de energia com estrangulamento econômico das regiões produtivas; 3) Impacto de variabilidade climática; 4) Racionamento energético 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Diversificação da matriz energética; 2) Privatização da produção e distribuição da energia; 3) Plano emergencial para períodos climáticos que reduzam a oferta energética 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Diversificação da matriz energética; 2) Privatização da produção e distribuição da energia; 3) Plano emergencial para períodos climáticos que reduzam a oferta energética; 4) Manutenção de subsídios sociais na energia
Eventos extremos	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumento de perdas econômicas devido a enchentes e gastos inadequados com a construção de canais urbanos; 2) Permanência da falta de água no semi-árido com baixo desenvolvimento e movimentos migratórios nas secas; 3) Falta de água em regiões de baixa regularização 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Medidas não estruturais de controle de enchentes e controle na fonte dos impactos da urbanização, através dos Planos de Drenagem Urbana; 2) Investimentos economicamente rentáveis de regularização em locais críticos 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Medidas não estruturais de controle de enchentes e controle na fonte dos impactos da urbanização, através dos Planos de Drenagem Urbana; 2) Plano de ampliação da disponibilidade hídrica no semi-árido; 3) Aumento de regularização em locais críticos

O posicionamento de um país com as dimensões e complexidades do Brasil em qualquer um dos cenários, isoladamente, é impossível, tendo em vista os desequilíbrios regionais existentes, em termos climáticos, econômicos e sociais. Há ainda que se considerar as diferenças entre estados de uma mesma região, no tocante à implementação do novo modelo de gestão de recursos hídricos. Assim, enquanto alguns estados brasileiros já se encontram em fase de transição do cenário crítico para o cenário otimista (casos do Rio Grande do Sul, na região Sul; de São Paulo, na região Sudeste; e do Ceará, na região Nordeste), outros estão ainda quase completamente posicionados no cenário crítico (caso do estado da Paraíba, na região Nordeste – atende a todos os itens do aspecto institucional deste cenário; atende completamente aos itens 1 e 4 do aspecto de desenvolvimento urbano; inclui-se nos itens do aspecto de desenvolvimento rural; atende aos itens do aspecto de energia, muito embora esta seja uma consequência da política energética adotada pelo Governo Federal; atende aos itens 2 e 3 do aspecto de eventos extremos).

2.1.4 – O Gerenciamento da Demanda Urbana de Água

De acordo com Savenije e van der Zaag (2002), o gerenciamento da demanda de água pode ser definido como “o desenvolvimento e implementação de estratégias que influenciem a demanda, de modo a obter o uso eficiente e sustentável de um recurso escasso”. Assim, o gerenciamento da demanda (aspecto a ser trabalhado nesta dissertação) considera o uso da água como uma demanda que pode ser alterada pela adoção de medidas políticas e técnicas, traduzindo-se em ações socialmente benéficas e consistentes com a proteção e a melhoria da qualidade da água, reduzindo o seu consumo (Tate, 2001).

Os múltiplos usos da água – abastecimento humano, produção de alimentos, geração de energia, indústria, navegação, pesca, recreação, manutenção de ecossistemas, entre outros – devem ser considerados de forma integrada e sustentável, adotando-se as medidas de gerenciamento da demanda adequadas a cada uso, tornando-o mais eficiente, objetivando o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e o atendimento de todas as demandas.

Considerando o uso consuntivo da água – aquele em que parte do recurso não retorna à natureza – medidas de gerenciamento da demanda se fazem mais prementes em dois grupos principais de demanda:

- a demanda agrícola, com ênfase para a agricultura irrigada: a retirada de água para irrigação representa cerca de 70% do consumo mundial e constitui-se no maior uso consuntivo (89%) do planeta, sendo parcialmente retida pelas plantas – água de constituição –, parcialmente requerida para drenar o excesso de sais acumulados no solo – água de lixiviação – e parcialmente evaporada – evapotranspiração das culturas. O uso de técnicas inadequadas de irrigação leva, em alguns casos, ao desperdício de até 60% da água retirada, pode provocar a gradual salinização do solo e poluir cursos d’água e aquíferos com substâncias químicas presentes em fertilizantes agrícolas (Gomes, 1999; United Nations, 1999); e

- a demanda urbana, que compreende abastecimento d’água para uso doméstico, industrial, comercial e público nos centros urbanos, representando cerca de 30% do consumo mundial e 11% do uso consuntivo (Shiklomanov, 1993 *apud* Ohlsson, 1995): atualmente, quase metade da população mundial (ou seja, cerca de 3 bilhões de pessoas) vive em cidades, sendo que a projeção para o ano 2030 é que o percentual de população urbana seja de mais de 60% da população mundial (United Nations, 2002); no Brasil, a

distribuição atual da população é a seguinte: 21% no campo e 79% em centros urbanos (IBGE, 2000). A pressão do crescimento urbano se faz sentir sobre recursos básicos, como a água, e cria desafios aos governantes em relação ao abastecimento, tratamento de esgotos e controle da poluição.

De acordo com Lanna (1999), o Brasil apresenta a seguinte distribuição percentual do uso de água: 48% para irrigação, e 52% para demanda urbana (com uso industrial igual a 23%). Além disso, tomando por base a quantidade de 100 l/hab/dia que, segundo Falkenmark e Widstrand (1992 *apud* Lanna, 1999) é a quantidade mínima de água para atender as necessidades domésticas e de saúde de um indivíduo, o consumo no Brasil varia de 131 a 795 l/hab/dia (média de 200 l/hab/dia, no estado da Paraíba, na região Nordeste do Brasil, a de menor disponibilidade hídrica do país). Tais dados, examinados em conjunto com a distribuição populacional brasileira, realçam a importância do gerenciamento da demanda urbana de água no Brasil e em especial nas cidades da região Nordeste do país.

As medidas de gerenciamento da demanda podem ser (Savenije e van der Zaag, 2002):

- estruturais – que implicam na utilização de alternativas tecnológicas que propiciem a redução do consumo e o melhor controle e operação das redes de distribuição de água; e
- não estruturais – que consistem em incentivos econômicos e legais à mudança de comportamento dos usuários da água, com base em uma estrutura institucional e política que permita tal abordagem.

Considerando os objetivos deste trabalho, a Tabela 2.3 indica algumas alternativas de medidas estruturais e não estruturais de gerenciamento da demanda urbana de água, sendo em seguida apresentada uma descrição mais detalhada de cada uma delas, complementada por exemplos de utilização.

Tabela 2.3 – Medidas Estruturais e Não Estruturais de Gerenciamento da Demanda Urbana de Água (Braga, 2001; Tomaz, 2001)

Medidas Estruturais	Medidas Não Estruturais
<ul style="list-style-type: none"> • Tecnológicas - Captação de água de chuva - Controle de vazamentos em edifícios - Controle de vazamentos em redes de abastecimento - Medição individualizada em edifícios - Reuso de água (industrial e residencial) - Uso de aparelhos e peças sanitárias que reduzam o consumo 	<ul style="list-style-type: none"> • Institucionais - Leis e programas que induzam o uso racional da água - Outorga de direitos de uso da água bruta <ul style="list-style-type: none"> • Econômicas - Cobrança pelo uso da água bruta - Incentivos fiscais para redução do consumo e para adoção de novas tecnologias - Tarifação da água tratada <ul style="list-style-type: none"> • Educacionais - Programas de educação ambiental

Descrição de Alternativas Tecnológicas

- Captação de água de chuva – os sistemas de captação de água de chuva compreendem uma estrutura de coleta e armazenamento da água, relacionando a área de captação (área de telhado ou solo) com o volume a armazenar (em cisternas). No meio urbano, a captação de água de chuva além de reduzir a demanda por água tratada – podendo ser utilizada em descargas de bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de pisos, carros e roupas, entre outros usos – significa a redução do volume de água que escoar pelo sistema de esgotos e galerias pluviais durante as chuvas, tornando-se um instrumento de combate a enchentes urbanas – agravadas pelo excesso de pavimentação e impermeabilização das cidades (Gondim, 2001; Schmidt, 2001). Como exemplos de aplicação desta medida, podem ser citados:

- Singapura – o Aeroporto Internacional de Changi utiliza as pistas de pouso e as áreas circunvizinhas, totalizando 530 ha para coleta de água de chuva, que é utilizada em serviços de limpeza e banheiros do aeroporto (Gondim, 2001);

- Berlim – para atender a uma regulamentação municipal que limitava a drenagem na área da Potsdamer Platz a 1% da água precipitada durante tempestades, visando evitar sobrecarga no sistema misto de esgoto, foi desenvolvido um sistema de captação de água de chuva envolvendo 19 prédios (telhados verdes correspondendo a 40.000 m²), uma cisterna com capacidade para armazenar 3.500 m³ da água captada (equivalente a 15% da precipitação anual de 580 mm), um lago artificial com área de 13.042 m² e volume de

15.000 m³, e uma estação de tratamento da água de chuva com 1.900 m² de área. A água é utilizada para descargas em bacias sanitárias nos prédios e irrigação de áreas verdes, incluindo os telhados verdes dos edifícios (Schmidt, 2001);

- São Paulo – a Prefeitura Municipal estabeleceu, através da Lei nº 13.276/2002, a obrigatoriedade de execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m², devendo destinar a água acumulada para finalidades não potáveis ou, preferencialmente, deixa-la infiltrar-se no solo ou ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva. Percebe-se, portanto, que a principal motivação da Lei é o controle de inundações (PMSP, 2002);

- Controle de vazamentos em edifícios – a detecção de vazamentos nas instalações hidráulicas das edificações, de qualquer natureza, pode significar uma importante redução de consumo de água, sendo que o período de retorno do investimento necessário ao conserto de vazamentos varia de alguns dias a poucos meses. Os vazamentos podem ser visíveis ou invisíveis, estes últimos podendo ser verificados pelo aumento do consumo *per capita*, sem que tenha havido mudança nos hábitos de consumo (Tomaz, 2001). Exemplos:

- Estados Unidos – as concessionárias de serviços de água procedem à verificação de vazamentos nas edificações, com custo próprio ou cobrando uma taxa pelo serviço (cerca de US\$15/residência); obtém de 20 a 32% de redução no consumo/unidade visitada (Tomaz, 2001);

- São Paulo – a SABESP realizou pesquisa sobre redução de consumo em função de conserto de vazamentos em edificações (cozinhas industriais, escritórios comerciais, edifícios públicos e hospitais), obtendo valores entre 16% e 52% de redução do consumo (em l/funcionário/dia ou l/leito/dia) (Tomaz, 2001).

- Controle de vazamentos em redes de abastecimento – as perdas físicas de água tratada nos sistemas de distribuição de água variam de 8 a 20% nos países desenvolvidos e de 30 a 70% nos países em desenvolvimento, em função, principalmente, de vazamentos nas tubulações (WHO, 1992). No Brasil, um Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, feito pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano de Presidência da República, concluiu que, das 27 companhias estaduais, apenas uma tem índice de perdas abaixo de 20%, cinco apresentam índice abaixo de 30%, e três estão com índice acima de 70%, sendo

que as 18 restantes situam-se acima de 30% e abaixo de 70%, o que resulta em uma perda média superior a 40% da água captada, representando uma perda anual de R\$4 bilhões, causada principalmente por desgastes da canalização. Por sua extensão e distribuição geográfica, as redes de distribuição apresentam grandes dificuldades operacionais com vistas ao controle e redução das perdas. Entretanto, os procedimentos operacionais mínimos, apesar de trabalhosos e onerosos, são relativamente simples, desde que incorporados à cultura do agente operador e considerados como atividades rotineiras: verificação e reparo de vazamentos visíveis, através de inspeção e de eficiente sistema de comunicação com os usuários; detecção e reparo de vazamentos não visíveis por meio de campanhas sistemáticas e permanentes; programa de substituição de redes que atingiram o limite da vida útil; acompanhamento dos volumes macro e micromedidos para verificação de eventuais anomalias não detectadas pelos métodos convencionais; controle da pressão na rede (PNCDA, 2000). Como exemplos podem ser citados:

- Minas Gerais – a Copasa, empresa estadual de saneamento básico, em 1999 apresentava uma perda de 33%, reduzindo-a, em 2000, para 25% (Lopes, 2000);

- São Paulo – a Sabesp – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo vem aplicando tecnologias de ponta para medir o consumo d'água por setor e por atividade de uso da água, utilizando um software que permite a macro e a micro medição, facilitando a detecção de vazamentos (Sabesp, 2002).

- Medição individualizada em edifícios – pesquisa realizada nos Estados Unidos em 32 prédios de apartamentos nos estados da Flórida, Texas e Califórnia, comprovaram que os apartamentos que têm hidrômetros individuais chegam a apresentar redução de consumo de 18 a 39% em relação àqueles que pagam o rateio do hidrômetro único do prédio. Os objetivos da instalação de hidrômetros individuais são, além da redução de consumo, a redução do índice de inadimplência e o conseqüente aumento no faturamento (Tomaz, 2001). Exemplos:

- Guarulhos, SP – os apartamentos novos com área menor que 100 m² obrigatoriamente têm registros individuais. A medida tem propiciado uma redução de até 30% no consumo em relação aos apartamentos de mesma área que não têm a medição individualizada (Tomaz, 2001);

- Recife, PE – vem sendo efetuada a experiência de implantação da medição individualizada em edifícios antigos, já totalizando 1500 prédios (cerca de 40.000

apartamentos). O projeto de modificações das instalações antigas segue rigorosamente alguns aspectos, entre os quais: cada apartamento deve ser abastecido por um único ramal de alimentação, no qual será instalado o hidrômetro individual; as caixas de proteção devem ser padronizadas, possuindo, imediatamente antes do hidrômetro, registro de esfera ou gaveta; não é permitida a utilização de “válvulas de descarga”, visto que necessitam de vazões superiores às compatíveis com os hidrômetros a serem instalados. Os resultados obtidos são: índice de inadimplência inferior a 10%; redução de consumo de 25%; aumento de faturamento superior a 21% (Coelho e Maynard, 1999).

- Reuso de água – pode ser industrial ou residencial. Para o reuso de água é subentendido o aproveitamento de esgotos sanitários tratados ou de águas servidas (grey water – oriundas dos esgotos de torneiras de banheiro, chuveiros, banheira e máquinas de lavar roupas, não incluem os esgotos de bacias sanitárias, pias de cozinha e máquinas de lavar louça). As águas de reuso não são potáveis e podem ser usadas em: descargas de bacias sanitárias, irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos, entre outros usos, conforme o nível de tratamento a elas aplicado (Tomaz, 2001). Exemplos:

- Japão – o reuso da água vem sendo feito desde 1964, sendo os esgotos sanitários submetidos a tratamento primário (retirada de resíduos sólidos), secundário (destruição de patógenos pela redução da demanda bioquímica de oxigênio e desinfecção) e terciário (floculação, filtração, carvão ativado, osmose reversa e desinfecção) e usados principalmente para descargas em vasos sanitários (Tomaz, 2001);

- Barueri e Carapicuíba, SP – as prefeituras dessas cidades firmaram contratos com a Sabesp para fornecimento de água de reuso, com aplicação na lavagem de ruas, pátios, logradouros e veículos; combate a incêndios; irrigação de áreas verdes; e desobstrução de redes coletoras de esgotos e galerias de águas pluviais, priorizando a utilização de água tratada apenas para o abastecimento humano. O volume mensal é de 2 milhões de litros de água para Barueri e 1 milhão de litros de água para Carapicuíba, (a um custo de R\$0,30/m³) em substituição à água potável anteriormente utilizada para tais fins (Água on Line, 2002).

- Uso de aparelhos e peças sanitárias que reduzam o consumo – consiste na substituição de válvulas de descarga (20 l/descarga) por vasos sanitários com caixa de descarga reduzida (6 l/descarga); na instalação de chuveiros com arejadores de vazão (reduzem a vazão em

50%, sem perda do conforto) e de torneiras e mictórios de acionamento automático ou com o pé (que podem proporcionar uma redução no consumo de água entre 29 e 77%); na utilização de máquinas de lavar roupas e máquinas de lavar louças com menor consumo de água, entre outros (Tomaz, 2001). Exemplo:

- México – a troca de 350.000 bacias sanitárias por vasos de descarga reduzida (6 l/descarga), propiciou uma redução de consumo equivalente ao abastecimento de 250.000 residências (National Research Council, 1995).

Descrição de alternativas institucionais

- Leis e programas que induzam o uso racional da água – desempenham um importante papel no gerenciamento da demanda urbana de água, regulamentando as várias alternativas que podem ser adotadas: novos códigos de obras voltados à adoção de medidas de redução de consumo nas edificações; produção de aparelhos que economizem água; utilização da água em áreas externas; programas de redução do consumo de água; entre outras. Exemplos:

- Brasil – a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da norma técnica NBR 6452/97, estabeleceu, que até o final de 2002, todas as bacias sanitárias produzidas no Brasil deverão ter caixa de descarga acoplada (6 l/descarga);

- Estados Unidos – a Lei Federal 102-486/92 estabeleceu os padrões a serem atendidos pelas peças sanitárias vendidas no país a partir de 1º de janeiro de 1994: bacia sanitária – 6 l/descarga; torneiras – 10 l/min; descargas em mictórios – 3,8 l/descarga; chuveiros – 10 l/min (Tomaz, 2001).

- Outorga de direitos de uso da água bruta – prevista na Lei Nº 9.433/97, a outorga constitui-se em importante instrumento de gerenciamento da demanda de água ao permitir o controle quantitativo e qualitativo do uso dos recursos hídricos, seja no caso de retirada da água bruta, seja para o caso de utilização dos corpos d'água para diluição de efluentes (Tucci *et al*, 2000). Exemplos:

- Brasil – a cargo dos órgãos gestores dos recursos hídricos (em nível federal, estadual ou de bacia hidrográfica), a outorga já é utilizada em todo o território nacional, principalmente em relação aos usos para produção de energia elétrica e abastecimento

(concessionárias); em alguns estados, como São Paulo e Ceará (entre outros), também para indústrias e agricultura (irrigantes e vazanteiros) (ANA, 2002; COGERH, 2002).

Descrição de alternativas econômicas

- Cobrança pelo uso da água – também prevista na Lei Nº 9.433/97, a cobrança pelo uso da água tem por objetivo reconhecer o valor econômico da água, de forma a estimular o seu uso racional, e está diretamente relacionada à concessão da outorga (onde são determinados os volumes a serem usados). O valor da cobrança é definido com base no Princípio Usuário Pagador: um preço correspondente ao volume de água bruta retirada (que pode ser acrescentado à conta de água tratada consumida) e um preço referente ao despejo de esgotos nos corpos d'água (Princípio Poluidor Pagador), a ser acrescido na tarifa de esgotos. A idéia é que os acréscimos com os gastos, induzam ao investimento em dispositivos poupadores de água e em sistemas de tratamento e reuso de esgotos (Ribeiro *et al*, 1998; Cánepa e Grassi, 2001). Exemplos:

- Holanda – nos seis anos seguintes à implantação da cobrança pelo uso da água, ocorreram reduções da ordem de 30% do consumo (Tomaz, 2001);

- Brasil – na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (bacia federal contida nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), desde março de 2002 (Resolução CNRH nº 19), está autorizada a cobrança pelo uso da água e definidos os valores a serem cobrados, com base em um Preço Público Unitário de R\$0,02 (dois centavos de real) (CEIVAP, 2001; CNRH, 2002);

- Brasil – o estado do Ceará, através da COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará, desde novembro de 1996 vem cobrando pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do estado; na primeira etapa de implementação da cobrança, foram fixados valores apenas para os usuários industriais e para as concessionárias de serviços de água potável; a cobrança para irrigantes vem sendo discutida nas comissões de usuários e comitês de bacias (COGERH, 2002).

- Incentivos fiscais para redução de consumo e adoção de novas tecnologias – consistem em um sistema de incentivos financeiros e legais (subsídios e multas) que objetivam tornar o comportamento indesejável (maior consumo) menos atrativo (Savenije e van der Zaag, 2002). Exemplos:

- Alemanha – a prefeitura de Hamburgo oferece US\$1500 a US\$2000 para a instalação de sistemas de captação de água de chuva em edificações (Tomaz, 2001);

- Canadá – a cidade de Waterloo conseguiu retardar a expansão da oferta de água, instituindo programas de uso eficiente da água, entre os quais, a distribuição de bacias sanitárias de menor consumo, obtendo uma redução de 10% no consumo *per capita* (Regional Municipality of Waterloo, 2000);

- Estados Unidos – no estado da Califórnia, o Metropolitan Water District pagou US\$125 por cada 1.000 m³ de água economizada, conseguindo uma economia de 33 milhões de m³/ano (Postel, 1992).

- Tarifação da água tratada – o impacto na redução do volume consumido, em função de majoração do preço da água, depende dos vários fatores que determinam a elasticidade da demanda, definida como a percentagem de decréscimo da demanda como resultado de uma percentagem de aumento no preço. Podem ser citados como exemplo: os usos da água que, quanto mais próximos das necessidades mais essenciais dos usuários (por exemplo, água para consumo humano), mais apresentam rigidez (inelasticidade) na demanda (Savenije e van der Zaag, 2002); a existência de fontes alternativas (como água de reuso ou de chuva), que podem aumentar a elasticidade da demanda (Tomaz, 2001). Segundo Winpenny (1994), embora as tarifas de água sejam amplamente utilizadas no mundo, são mais percebidas como meio de recuperação de investimentos do que, propriamente, como instrumento de gestão da demanda de água. Já Savenije e van der Zaag (2002) entendem que a principal função da tarifação deve ser a cobertura de custos de investimento/operação, sendo adotadas estruturas de subsídios cruzados (os que podem mais, pagam mais, subsidiando os que podem menos) que, por um lado, satisfaçam critérios sociais e, por outro, garantam a sustentabilidade financeira do fornecedor da água. Exemplos:

- Indonésia – em Bogor, um aumento de tarifa variando de 200 a 300% (de \$0,15 a \$0,42 para os primeiros 30 m³/mês) resultou em uma redução do consumo mensal em torno de 30% para os consumidores residenciais e comerciais (FAO, 2002b);

- Índia – uma fábrica de fertilizantes em Goa, reduziu o consumo em 50% em resposta a um aumento no preço da água (para \$0,12/m³), passando a usar 10,3 m³ de água para produzir 1 t de nutriente; uma fábrica similar em Kanpur, que paga \$0,01/m³ de água, gasta 24,35 m³/t de nutriente (FAO, 2002b);

- Austrália, Canadá, Israel, Estados Unidos e Reino Unido – estudos feitos demonstraram que a demanda de água reduz-se de 3 a 7% quando a tarifa é aumentada em 10% (Winpenny, 1994).

Descrição de alternativas educacionais

- Programas de educação ambiental – qualquer alternativa de redução de consumo de água (assim como de outros recursos naturais) só pode ter êxito se contar com a participação da sociedade. Para tanto, é necessária a conscientização de todos os segmentos sociais quanto à importância da conservação da água, o que pode ser obtido através de programas de esclarecimento, campanhas informativas e educacionais, alteração de currículos escolares de modo a incluírem disciplina voltada à discussão da questão da água e à alteração de hábitos de consumo e higiene, palestras em escolas e indústrias, e assim por diante (Fang *et al*, 2001; Mota e Aquino, 2001; Tomaz, 2001). Exemplos:

- Reino Unido – ampla campanha pública sobre consumo sustentável, intitulada “Are you doing your bit?” (Você está fazendo a sua parte?) (OECD, 2002);

- Canadá – campanha pública voltada para questões ambientais, intitulada “Household Action for the Environment” (Ação da Família para o Meio Ambiente) (OECD, 2002);

- Brasil – através do PURA – Programa de Uso Racional da Água, a SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, entre outras iniciativas, vem promovendo palestras (em escolas, associações comunitárias e indústrias), produzindo vídeos educativos e enviando mensagens nas contas de água (SABESP, 2002).

A escolha de medidas de gerenciamento da demanda urbana de água, a serem adotadas, é função de vários fatores, tais como metas de redução de consumo em curto ou médio prazo, condições de disponibilidade ou escassez hídrica, características econômicas da cidade, poder aquisitivo da população, aspectos culturais, capacidade de investimento dos governos locais, entre outros. A sua implementação e sucesso, por outro lado, dependem da vontade política dos governantes e do envolvimento dos diversos segmentos da sociedade.

2.2 – O Processo da Tomada de Decisão em Recursos Hídricos

A tomada de decisão consiste no processamento de informações para permitir a escolha de um plano ou ação (Braga *et al*, 1998). De acordo com Heap *et al* (1992), essa escolha é racional, no sentido de que são procurados os meios mais eficientes para atingir um dado conjunto de resultados, e pode ser:

- individual – onde a escolha é feita considerando apenas os objetivos individuais, não levando em conta os efeitos das ações de/sobre outros indivíduos;

- interativa – onde a escolha ainda é feita com base nos objetivos individuais, mas considera os efeitos das ações de/sobre outros indivíduos, podendo ser não cooperativa (competitiva, onde as escolhas são feitas de forma independente por cada indivíduo) ou cooperativa (abrindo espaço para negociação e/ou barganha, mas ainda sem limitar a independência das escolhas individuais);

- coletiva – onde a escolha é feita com base nos interesses de um grupo como todo, mesmo que não atenda aos objetivos individuais de um ou mais membros do grupo. A exemplo da escolha interativa, pode também ser não cooperativa (por exemplo, uma votação, onde a escolha é feita de forma individual, mas o resultado é válido para todos) ou cooperativa (escolhas políticas baseadas em acordos entre os membros de um grupo ou entre grupos envolvidos).

De acordo com os objetivos, o processo de tomada de decisão pode ser classificado em:

- uniobjetivo – quando há um único resultado a ser alcançado, como, por exemplo, a definição da melhor alternativa técnica para construção de uma obra;

- multiobjetivo – quando há vários objetivos a serem alcançados, como a alocação de recursos escassos para vários usos.

Outra classificação possível é feita em relação aos critérios utilizados no processo de escolha do(s) resultado(s):

- unicriterial – onde apenas um critério de avaliação é considerado. Por exemplo: definir a opção de menor custo econômico (solução ótima);

- multicriterial – onde são considerados vários critérios de avaliação das alternativas. Exemplo: definir a opção de menor custo econômico que garanta maior benefício social e ambiental, com menor custo político.

Lund (2001) considera que o planejamento de recursos hídricos pode ser feito com base em seis abordagens, cada uma das quais atende aspectos técnicos de problemas hídricos diversos, em um contexto de tomada de decisão:

- Atendimento de Exigências Técnicas – reflete a abordagem tradicional de formulação de problemas de engenharia e tem o seu foco nas opções de oferta de água;

- Análise Benefício-Custo – procura consolidar os impactos de cada alternativa em termos de custos e benefícios monetários. Sua mais forte característica é a capacidade de incorporar risco, confiabilidade e incerteza, tanto como valores econômicos médios quanto como distribuições de probabilidade de valor econômico líquido;

- Análise Multiobjetivo – tenta mostrar aos decisores os “trade-offs” inerentes à seleção de alternativas onde nem todos os objetivos podem ser medidos nas mesmas unidades, ajudando na identificação de alternativas de solução que satisfazem um amplo escopo de objetivos desejáveis;

- Resolução de Conflitos – objetiva conciliar indivíduos ou grupos com objetivos conflitantes no gerenciamento de recursos hídricos. Ocorre em um ambiente político, onde as partes têm alternativas para participarem em um processo formal de tomada de decisão, e surgiu em resposta às dificuldades comuns ao planejamento em situações políticas e institucionais;

- Soluções de Mercado – frequentemente aplicado exclusivamente entre agências públicas, envolve a utilização de contratos de água, mercados para anos secos, transferências permanentes de água, outorgas transferíveis de descarga de efluentes, ou a privatização de operação de sistemas hídricos. Apresenta limites óbvios e desvantagens em problemas de recursos públicos;

- Incremento Prático – quando as circunstâncias políticas e econômicas não permitem o planejamento de longo prazo, é mais efetiva a decisão relativa a pequenos melhoramentos incrementais, seguindo a direção desejada para o plano de longo prazo.

A gestão sustentável, descentralizada e participativa dos recursos hídricos implica em que sejam considerados vários objetivos conflitantes e incomensuráveis, impondo a adoção da análise multiobjetivo no processo de tomada de decisão em recursos hídricos (Simonovic, 1996).

Segundo Simonovic (1989), o principal conceito da análise multiobjetivo é a substituição da solução ótima única por um conjunto de soluções de compromisso – onde a melhor solução é definida por critérios políticos – e a idéia de combinar a análise de

sensibilidade da solução multiobjetivo com valores de critérios e estruturas de preferências, substituindo a melhor solução de compromisso pela solução mais permanente, em função dos critérios considerados, é uma idéia apropriada para uso na aplicação da sustentabilidade à análise multiobjetivo de recursos hídricos.

É fácil depreender que o processo de tomada de decisão no novo modelo de gestão de recursos hídricos é um processo multiobjetivo, multicriterial e multiparticipante e, portanto, altamente complexo e de difícil estruturação.

Neste contexto, Ubbels e Verhallen (2001) apresentam três tipos de ferramentas que podem ser utilizadas para apoiar a tomada de decisão em recursos hídricos:

- técnicas de jogos – que se constituem em modelos de simulação dos processos de escolha racional e interativa dos responsáveis pela tomada de decisão, podendo ser usadas em três situações principais: na definição de alternativas de gerenciamento, identificando dificuldades e/ou potenciais situações de consenso; no treinamento para situações operacionais raras (por exemplo, cheias), melhorando o desempenho em uma emergência; e na visualização do problema, definindo quais as informações necessárias, como as decisões são tomadas, e compreendendo a posição dos demais decisores;

- sistemas de apoio à decisão – que se constituem em modelos matemáticos informatizados que objetivam apoiar os decisores na resolução de problemas mal estruturados (Guariso e Werthner, 1989 *apud* Simonovic, 1996);

- ferramentas gerais de apoio – que abrangem uma grande variedade de softwares com o objetivo principal de melhorar a comunicação entre os decisores: salas eletrônicas de decisão, mapeamento cognitivo para definição do relacionamento entre os conceitos envolvidos em um problema de planejamento, realidade virtual que representa a informação espacial em três dimensões, entre outras.

Considerando que outra implicação do novo modelo de gestão de recursos hídricos é a ocorrência de conflitos, seja em relação à alocação dos recursos, seja com referência à definição de cursos de ação a serem seguidos, entre outros, torna-se essencial a utilização de ferramentas de resolução de conflitos como apoio ao processo de tomada de decisão.

2.3 – Conflitos em Recursos Hídricos

Ao longo da história humana, o acesso à água vem sendo uma fonte de poder, assim como um elemento passível de gerar conflitos entre países, estados e cidades. Um dos fatores mais importantes para esse papel de “fonte de conflito” é a distribuição heterogênea da água no mundo, conforme mostrado na Tabela 2.4:

Tabela 2.4 – Distribuição da Água no Mundo (adaptado de Fernández-Jáuregui, 1999).

Distribuição por Tipo de Água		Distribuição da Água por Região		
		Região	População	Disponibilidade
Salgada (97,5%)		América do Norte e Central	8%	15%
Doce (2,5%)	68,9% - Calotas polares e geleiras	América do Sul	6%	26%
	29,9% - Água subterrânea	Europa	13%	8%
	0,3% - Rios e lagos	Ásia	60%	36%
	0,9% - Outros reservatórios	África	13%	11%
Doce (total em volume)	42.700 km ³	Austrália e Oceania	1%	5%

Além disso, das mais de 200 bacias de rios internacionais, 148 são compartilhadas por dois países, 30 por três países e 22 por quatro ou mais países, sendo que não há qualquer acordo internacional que regule os usos da água em mais de um terço dessas bacias (Johnston, 1998); a quantidade de água doce no planeta se mantém constante, mas a qualidade se deteriora, reduzindo a oferta enquanto a demanda aumenta proporcionalmente ao crescimento populacional e criando condições de estresse hídrico em várias partes do mundo (Fernández-Jáuregui, 1999); cerca de 1 bilhão de pessoas não têm acesso à água potável (Azevedo, 2002).

A Tabela 2.5 apresenta alguns exemplos de conflitos hídricos, envolvendo países, estados/províncias de um país e cidades de um estado, com base em dados de Homer-Dixon (1991), Ohlsson *et al* (1995), Gleick (1998), MP-PB (1999) e MMA (2002).

Tabela 2.5 - Conflitos em Recursos Hídricos (Homer-Dixon, 1991; Ohlsson *et al*, 1995; Gleick, 1998; MP-PB, 1999; MMA, 2002).

Abrangência	Descrição Sucinta
Internacional - Turquia, Síria e Iraque (Rios Eufrates e Tigre)	A Turquia, desde 1960, iniciou um projeto para geração de energia e irrigação que reduzirá a vazão média anual dos dois rios para a Síria, refletindo-se esta situação também para o Iraque, usuário mais a jusante. O projeto turco tem causado tensões nas relações entre Turquia e Síria (onde a disponibilidade anual de água é de apenas 600 m ³ /hab). O enchimento de barragens turcas e sírias, na década de 1970, provocou uma séria crise entre Iraque e Síria: em 1975, após dois anos de seca, com o curso do Eufrates bloqueado em vários pontos da Turquia e da Síria, o Iraque quase declarou guerra à Síria. Em 1987, quando o Iraque foi excluído do protocolo econômico da Turquia e Síria, em particular das discussões sobre a divisão das águas do Eufrates, a tensão cresceu também entre a Turquia e o Iraque. As disputas continuam e podem progredir no sentido de confrontos armados entre os países.
Internacional - Brasil e Paraguai (Rio Paraná)	Entre 1962 e 1967, as negociações entre Brasil e Paraguai sobre o desenvolvimento do rio Paraná foram suspensas por uma ação militar unilateral do Brasil, que invadiu e passou a controlar a área a montante do Salto Guairá, em 1962. Em 1967, as forças militares foram retiradas, sendo assinado um acordo e criada uma comissão mista para estudo de medidas para o desenvolvimento da região.
Internacional - Argentina, Brasil e Paraguai (Rio Paraná)	Em 1970, Brasil e Paraguai anunciaram planos para construção da barragem de Itaipu, no rio Paraná, o que causou preocupações à Argentina quanto às conseqüências ambientais e em relação a projetos próprios para aproveitamento das águas do rio, a jusante. A Argentina exigiu ser consultada durante o planejamento de Itaipu, o que foi recusado pelo Brasil. Em 1979, após muita negociação, foi assinado um acordo tripartite, prevendo a construção de Itaipu, pelo Brasil e Paraguai, e da barragem Yacyreta, pela Argentina.
Regional - Karnakata e Tamil Nadu (Índia) (Rio Cauvery)	Em 1991, a província de Karnakata recusou-se a cumprir uma ordem emitida pelo Supremo Tribunal da Índia, estabelecendo um acordo para as disputas (já então com duas décadas de duração) entre Karnakata e Tamil Nadu, relativas ao uso das águas do rio Cauvery para irrigação. A conseqüência foi a explosão da violência entre as duas províncias, situação que ainda perdura.
Regional - Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará (Região Nordeste do Brasil) (Rio São Francisco)	O rio São Francisco nasce em Minas Gerais (estado da região Sudeste) e atravessa os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, com uma área de drenagem superior a 630.000 km ² e extensão de 3.160 km. É navegável por cerca de 1.800 km e utilizado para geração de energia e irrigação. O projeto de transposição do rio São Francisco objetiva a perenização de rios nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, cronicamente castigados pelas secas, e envolve a construção de canais, aquedutos e represas, bem como a interligação da bacia do rio Tocantins (na região Norte) com a do São Francisco e a revitalização deste. O projeto está orçado em R\$3 bilhões e já conta com financiamento do governo espanhol. Há forte oposição de políticos dos estados da Bahia, Alagoas e Sergipe, assim como da Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF e da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, por entenderem que a transposição vai causar problemas à geração de energia e aos sistemas de irrigação já implantados. O Ministério da Integração Social argumenta que a interligação das bacias do São Francisco e Tocantins garante a viabilidade da transposição. O projeto ainda não começou por não ter recebido a autorização do IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (possivelmente em função das pressões políticas).

Continua

Tabela 2.5 - Conflitos em Recursos Hídricos (Homer-Dixon, 1991; Ohlsson *et al*, 1995; Gleick, 1998; MP-PB, 1999; MMA, 2002) – Continuação.

<p>Estadual</p> <p>- Cidades do Compartimento da Borborema e irrigantes do município de Boqueirão (Estado da Paraíba, Brasil)</p> <p>(Reservatório Epitácio Pessoa)</p>	<p>O reservatório Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão – PB, é ainda o único manancial que abastece 11 cidades do Compartimento da Borborema, das quais Campina Grande é a de maior porte, atendendo a uma população de mais de 500.000 pessoas. Além disso, responde pela irrigação em propriedades localizadas nas suas margens e por vazão de regularização do rio Paraíba. A seca que atingiu o Nordeste brasileiro entre 1997 e 1999, reduziu o volume armazenado no reservatório a menos de 30% de sua capacidade (estimada em cerca de 450.000.000 m³), levando a um sério racionamento de água nas cidades por ele abastecidas e à suspensão da descarga de fundo que regularizava o rio Paraíba a jusante. A irrigação retirava um volume de água equivalente ao retirado para abastecimento das 11 cidades, com a agravante de afetar também a qualidade da água, ao carrear fertilizantes e pesticidas na água devolvida ao reservatório. Em março de 1999, quando o nível atingido indicava que só haveria condições de abastecimento por mais 6 meses, caso continuasse a prática da irrigação às margens do açude, o Ministério Público conseguiu liminar da Justiça Federal, suspendendo a irrigação. A revolta dos irrigantes foi imensa, fazendo necessária rigorosa fiscalização para evitar a continuidade do bombeamento de água para as propriedades. As chuvas ocorridas no ano 2000 foram suficientes para a suspensão do racionamento, embora já tenha ocorrido novo racionamento no período entre dezembro de 2001 e março de 2002, e haja previsão da necessidade de novamente ser adotada tal medida, ainda em 2002, em vista do volume no reservatório estar em torno de 38% da capacidade em outubro/2002, em pleno início do período seco, e quando as previsões para 2003 são de baixa pluviosidade por causa dos efeitos do fenômeno El Niño. Oficialmente a irrigação continua proibida, embora na prática estejam sendo efetuadas retiradas para esse fim.</p>
---	--

Obs.: A situação do Reservatório Epitácio Pessoa, descrita no último conflito constante da Tabela 2.5, serviu de base para as análises efetuadas nesta dissertação.

Os exemplos da Tabela 2.5 confirmam que um conflito pode ser definido como “uma discordância em torno de um curso de ação a ser adotado” (Mostert, 1998) ou, simplesmente, como uma “colisão de interesses” (Basar e Olsder, 1982).

De acordo com Mostert (1998), as fontes de conflito podem ser agrupadas em três categorias:

- Desacordos Factuais – onde as opiniões diferem em relação ao impacto de certas atividades, os riscos envolvidos e leis relevantes. Podem ter várias causas:

- 1 – Os fatos dificilmente estão totalmente corretos, o que causa incerteza;
- 2 – As partes, em um conflito, freqüentemente têm informações diferentes sobre o problema, o que pode ser resultado de comunicação falha ou insuficiente;
- 3 – Os indivíduos têm uma limitada capacidade de processar informações, podendo usar apenas algumas peças de informação para tirar conclusões (que peças eles realmente usam e que peso dão a cada uma, é um processo que varia de indivíduo para indivíduo).

Exemplos: desacordos quanto à carga de sedimentos de um rio, quanto à

sedimentação em um reservatório, sobre a responsabilidade para financiamento de medidas, entre outros.

- Objetivos Conflitantes – um objetivo refere-se a uma situação desejada e funciona como critério para avaliação de fatos relevantes. Existem vários níveis de objetivos, entre os quais:

1 – Interesses – que se relacionam a ganhos e perdas pessoais e à distribuição de custos e benefícios;

2 – Valores – mais fundamentais e que são culturalmente determinados (por exemplo, o nível mais fundamental é o das necessidades humanas básicas, tais como a de água para beber).

Exemplos: Conflitos de valores entre ambientalistas (conservação) e projetistas de hidroelétricas (desenvolvimento); conflitos de interesses entre países a montante e jusante de um curso d'água; competição por recursos hídricos escassos; conflitos sobre a divisão de custos de infraestrutura comum; entre outros.

- Aspectos Relacionais – que dizem respeito a problemas de relacionamento entre as partes. Dois problemas podem ocorrer:

1 – Desconfiança – freqüentemente causada por problemas de comunicação, gera mais distúrbios, menos cooperação, desacordos factuais, objetivos divergentes, aumento de tensão e decrescente vontade de comprometimento;

2 – Luta pelo poder – com freqüência toma a forma de competição pelas fontes de poder – competências, recursos financeiros, acesso a informação, status, entre outros. Pode resultar da desconfiança e do sentimento de que a outra parte deseja ampliar o próprio poder, podendo ocorrer quando há problemas de comunicação e quando a divisão de tarefas e competências não é clara. O efeito é que as partes podem não aceitar boas soluções porque elas significariam uma perda de suas competências ou de recursos financeiros ou porque a solução poderia enfraquecer a sua posição de negociação em outra questão.

Exemplos: conflitos internacionais sobre água, em que o governo de um país toma uma posição extrema para concentrar apoio nacional ou porque a oposição poderia explorar uma posição mais razoável, apontando-a como 'fraqueza', entre outros.

A literatura especializada apresenta diversas classificações para os tipos de conflitos que ocorrem em recursos hídricos. A Tabela 2.6 indica tipos e categorias de conflitos hídricos, segundo Homer-Dixon (1991), Lanna (1997) e Pacific Institute (2000).

Tabela 2.6 – Classificação dos Conflitos em Recursos Hídricos

(adaptado de Homer-Dixon, 1991; Lanna, 1997; Pacific Institute, 2000).

Classificação de	Tipo de Conflito	Descrição
Homer-Dixon (1991) (de acordo com os reflexos de mudanças ambientais)	1 – Escassez Simples 2 – Identidade de Grupo 3 – Privação Relativa	- Surge em função de dois fatores: é essencial à sobrevivência humana e pode ser fisicamente tomado e controlado. Há evidente ligação entre a escassez e o conflito armado. - Grupos de diferentes etnicidades e culturas, sob condições de privação e estresse de um recurso essencial, procuram enfatizar a própria identidade como forma de agregação do grupo, hostilizando os demais. - Surge pelo descontentamento da população em relação ao nível econômico em que vive, considerando os que têm um melhor padrão de vida como os agentes da miséria econômica e os beneficiários da injusta distribuição dos recursos. Pode ocorrer entre classes sociais de um mesmo país ou região, ou entre povos.
Lanna (1997) (de acordo com os usos da água)	1 – Destinação de Uso 2 – Disponibilidade Qualitativa 3 – Disponibilidade Quantitativa	- Ocorre quando a água é utilizada para fins diversos daqueles estabelecidos por decisões políticas (embasadas ou não nos anseios sociais). Um exemplo é a retirada de água de uma reserva ecológica para atender a irrigação. - Refere-se ao uso da água em corpos d'água poluídos e apresenta um aspecto vicioso, pois o consumo excessivo reduz a vazão e a capacidade de depuração do corpo d'água, deteriorando ainda mais a qualidade das águas já comprometidas pelo lançamento de poluentes. - Decorre do esgotamento das reservas hídricas, pelo uso intensivo ou de variações de níveis que inviabilizam um determinado uso. Por exemplo, o uso intensivo da água para irrigação que impede outro usuário de captá-la, ou a operação de hidrelétricas que faz flutuar os níveis da água, trazendo prejuízos à navegação.
Pacific Institute (2000) (de acordo com os objetivos em relação aos recursos hídricos)	1 – Controle 2 – Militar 3 – Político 4 – Desenvolvimento 5 - Terrorismo	- Surge em função da necessidade de suprimento hídrico ou de acesso à água. Envolve atores estatais e/ou não-estatais. - Os recursos hídricos e sistemas de distribuição são usados como arma ou como alvos de ações militares. Envolve atores estatais. - Os recursos hídricos e sistemas de distribuição são usados como ferramenta política. Envolve atores estatais e/ou não-estatais. - Os recursos hídricos e sistemas de distribuição representam ferramentas essenciais no contexto do desenvolvimento econômico e social. Envolve atores estatais e não-estatais. - Os recursos hídricos e sistemas de distribuição são usados como alvos ou ferramentas de violência e coerção de atores não-estatais.

Ohlsson (2000) alerta para os conflitos que podem surgir como consequência do gerenciamento da demanda:

- a necessidade de mudanças nos hábitos de consumo da população, assim como nas tecnologias utilizadas em irrigação e nos processos industriais, objetivando o uso mais eficiente dos recursos hídricos, vai provocar reações nos vários segmentos sociais, originando competição mais acirrada pelos recursos hídricos;

- a escassez, por definição, transforma a água em um bem econômico e ferramentas econômicas estão crescentemente sendo usadas no gerenciamento da demanda de água. O risco é que a lógica econômica pode também compelir a sociedade a usar o recurso escasso de forma a maximizar os resultados econômicos desse uso, gerando novos tipos de conflitos sociais;

- sendo o incentivo econômico a principal ferramenta para implementação de medidas de uso eficiente, constitui-se também em uma das maiores fontes de conflitos potenciais em qualquer sociedade. No caso da água, especificamente, tal ferramenta implica em mudanças de longo alcance – para ricos e pobres, nas áreas rurais e urbanas – em todas as partes do mundo;

- o desenvolvimento na direção da alocação eficiente da água, do ponto de vista de política hídrica, é inevitável, embora as ramificações sejam imensas – significa uma maior reestruturação econômica, prioritariamente no setor agrícola dos países com escassez de água; implica em pressão crescente sobre setores da sociedade que, em muitos casos, já não podem suportar novas pressões, principalmente com relação aos centros urbanos e ao mercado de trabalho no setor industrial – e possam atuar como novas fontes de conflitos.

Ohlsson (2000) denomina tais conflitos como “conflitos de segunda ordem”, no sentido de que não se constituem em conflitos (de primeira ordem) por um recurso escasso, mas são consequências de uma falha na introdução do tipo correto – ou da quantidade suficiente – de medidas de gerenciamento da demanda, ou são consequências não previstas dessas medidas.

2.4 – Resolução de Conflitos em Recursos Hídricos – Teorias e Modelos

Embora desde milhares de anos atrás já existisse a preocupação pela busca de meios que propiciassem uma coexistência pacífica (ICAR, 2001), só a partir da primeira

metade do século XX é que foram iniciados estudos, de uma forma sistemática e com o uso de ferramentas das mais diversas disciplinas, objetivando a formulação de teorias gerais sobre a dinâmica e os meios de resolver os diversos tipos e níveis de conflitos.

A resolução de conflitos inicia-se com a compreensão do tipo e natureza do conflito em estudo, o que requer que sejam definidos: os aspectos técnicos das questões de gerenciamento hídrico; as diferentes partes envolvidas, seus interesses e seus valores; o relacionamento entre as partes, incluindo as relações com círculos eleitorais e possíveis coalizões; e o contexto político, sócio-econômico, institucional e cultural em que o conflito está inserido. Apenas então é possível desenvolver uma estratégia para resolver o conflito e escolher entre os diferentes métodos e procedimentos de resolução de conflitos disponíveis (Mostert, 1998).

Okada *et al* (1984) propõem que a resolução de conflitos se dê em dois níveis:

- o nível macro ou político – onde são analisadas as alternativas políticas para a disputa, definindo-se “o que fazer”;

- o nível micro – onde passam a ser analisados os fatores técnicos não considerados no nível macro, definindo-se “como fazer”, ou seja, implementando a solução política encontrada no nível macro.

O Conservation Technology Information Center – CTIC (2000) estabelece as seguintes estratégias para resolução de conflitos, com base na relação de interesses das partes envolvidas:

- Colaboração – possível quando há grande preocupação dos vários participantes em relação aos próprios interesses e aos interesses dos demais. Tem como resultado uma solução do tipo “ganha/ganha”. Esta estratégia é geralmente considerada como a melhor abordagem para a resolução de conflitos e seu objetivo é conseguir o consenso;

- Compromisso – esta estratégia é aplicável quando há grande preocupação em relação aos próprios interesses e preocupação moderada em relação aos interesses dos demais participantes. Tem como resultado uma solução do tipo “algum ganho/alguma perda”. Esta estratégia é geralmente usada para obtenção de soluções temporárias, para evitar destrutivas lutas pelo poder ou quando o tempo exerce pressão. Uma desvantagem é que os participantes podem perder a perspectiva de valores importantes e objetivos de longo prazo;

- Competição – há grande preocupação com os próprios interesses e pouca preocupação em relação aos interesses dos demais. O resultado é do tipo “ganha/perde”.

Esta estratégia inclui muitas tentativas de barganha e é geralmente usada quando direitos básicos estão em jogo. Pode, entretanto, levar à escalada do conflito e os perdedores podem tentar retaliar;

- Acomodação – há baixa preocupação em relação aos próprios interesses e alta preocupação em relação aos interesses dos demais. O resultado é do tipo “perde/ganha”. Esta estratégia é geralmente usada quando a questão diz mais respeito aos demais participantes, mas pode levar à perda de credibilidade e de influência para quem a adota;

- Fuga – há baixa preocupação em relação aos próprios interesses e aos interesses dos demais participantes. O resultado é do tipo “perde/perde”. Esta estratégia é geralmente usada quando a questão é trivial ou outras questões exercem maior pressão, ou ainda quando a confrontação encerra um alto potencial de prejuízos ou quando há necessidade de maiores informações. A sua desvantagem é que decisões importantes podem ser tomadas por omissão.

Apresentam-se, a seguir, alguns métodos, teorias e modelos para resolução de conflitos.

2.4.1 – Métodos de Discussões e Negociações

São métodos de resolução de conflitos em que cada parte envolvida exerce, integralmente, o seu poder de decisão. Em essência, tais métodos conduzem os participantes a um acordo. Seus procedimentos são discussões abertas, negociações ou ambas, em qualquer formato e utilizando qualquer técnica de apoio (Mostert, 1998).

2.4.2 - Procedimentos de Arbitragem e Adjudicação

Estes procedimentos têm como principal característica a perda de poder de decisão das partes envolvidas, com a decisão sendo tomada por uma terceira parte (árbitro, júri, ou tribunal). De maneira geral, são aplicados para decisões relativas a questões legais. Entre as suas desvantagens estão: demandam muito tempo e dinheiro, os resultados são incertos, as partes não ganham experiência em cooperação e suas relações podem deteriorar. As vantagens surgem quando se consideram situações em que há necessidade de equilibrar as relações de poder entre as partes, aumentando as chances de vitória ou evitando atrasos

indesejáveis. Além do mais, são indicados quando a única outra alternativa de resolução do conflito é a violência (Mostert, 1998; Wolf, 1998).

2.4.3 – Métodos de Soluções Institucionais

São métodos de longo prazo, que não se referem a um conflito específico, mas objetivam facilitar a resolução de conflitos futuros e, se possível, prevenir conflitos. Podem ser incluídos nesta categoria: regras legais; planejamento, consulta e participação públicos; mecanismos de preços; estabelecimento de comitês de bacias, para servirem como plataformas de discussão dos problemas e das formas de planejamento; estabelecimento de autoridades, em nível de bacias, com poder de decisão em casos de conflitos (Mostert, 1998).

2.4.4 – Métodos Baseados na Teoria dos Jogos

São métodos que utilizam a modelagem do conflito, com base em conceitos da Teoria dos Jogos, objetivando a estruturação do problema e a indicação da evolução do mesmo, de acordo com as ações das partes envolvidas, avaliando as soluções possíveis. A vantagem de sua aplicação deve-se ao fato de que a maioria dos conflitos em recursos hídricos é mal estruturada, envolve vários participantes com interesses diversos, e vários níveis de decisão (Ribeiro, 1992; Mostert, 1998).

2.4.4.1 – A Teoria dos Jogos

O grande impulso para o estudo de conflitos com base em ferramentas matemáticas foi dado pelo trabalho original de von Neumann (1928, 1937) e, principalmente, pela publicação do livro *Theory of Games and Economic Behavior* (von Neumann e Morgenstern, 1944), desenvolvendo a Teoria dos Jogos para analisar as interações humanas com base em uma rigorosa estrutura matemática, fundamentada em duas hipóteses básicas: a ‘racionalidade’ dos jogadores, que perseguem objetivos bem definidos, e o ‘raciocínio estratégico’ dos participantes, levando em conta o seu conhecimento ou expectativas sobre o comportamento dos demais jogadores (Osborne e Rubinstein, 1994). Exposta na forma de um ‘jogo de soma zero’ entre dois jogadores – tipo de jogo em que o

ganho de um jogador implica em perda para o outro – , a idéia geral da formulação é que um jogo evolui de acordo com uma estrutura de árvore onde cada ramo indica a necessidade de uma tomada de decisão; a escolha, para cada jogador, baseia-se na maximização da ‘função utilidade’ – representação numérica do ganho/perda que a escolha pode implicar para o jogador - , de acordo com o teorema minimax de von Neumann, segundo o qual cada jogador tenta minimizar as perdas que lhe podem ser impostas pelo outro jogador, ao mesmo tempo em que tenta maximizar o próprio ganho (Blackwell, 1966; Basar e Olsder, 1982).

Alguns dos conceitos básicos introduzidos pela Teoria dos Jogos Clássica (décadas de 1940 e 1950) são os seguintes (Basar e Olsder, 1982; Fraser e Hipel, 1984; Osborne e Rubinstein, 1994; McCain, 2002):

- um ‘jogo’ é uma situação em que as ações de um indivíduo afetam as de outro, e vice-versa; os jogos podem ser de ‘2 jogadores’ ou de ‘n jogadores’ ($n > 2$);

- ‘jogadores’ são os participantes de um jogo e movem-se de acordo com as ‘regras’ do jogo;

- os ‘movimentos’ podem ser: ‘pessoais’, quando dependem exclusivamente da escolha do jogador, e ‘casuais’, quando são controlados por algum dispositivo probabilístico;

- uma ‘estratégia’ é a completa descrição do comportamento de um jogador sob todas as circunstâncias possíveis; uma ‘estratégia pura’ é aquela em que o jogador define os seus movimentos em função da própria escolha; uma ‘estratégia mista’ é aquela em que o jogador define seus movimentos de acordo com probabilidades específicas;

- uma ‘conseqüência’ é o conjunto das estratégias adotadas pelos jogadores, em um dado estágio do jogo;

- ‘utilidade’ (“payoff”) é um valor numérico associado, por cada jogador, a uma conseqüência, de forma que uma utilidade maior indica uma conseqüência mais preferida;

- um jogo pode ser representado na forma extensa (“extensive form”) ou na forma normal (“normal form”);

- na forma extensa, o jogo é representado por uma ‘árvore de jogo’ (“game tree”), onde cada nó está associado a um jogador, ou a uma probabilidade, e cada ramo está associado a um movimento que pode ser feito; indica, assim, as possíveis ordens em que os movimentos podem se suceder;

- na forma normal, o jogo é representado por uma matriz, onde as linhas representam as estratégias do primeiro jogador e as colunas representam as estratégias do segundo jogador; cada par de estratégias representa uma consequência do jogo; os elementos da matriz representam os vetores de utilidade de um dos jogadores para cada consequência, entendendo-se que os vetores do outro jogador são idênticos em valor mas de sinal contrário;

- um 'equilíbrio' é um par ordenado de estratégias tal que nenhum jogador pode melhorar a sua utilidade por uma mudança de estratégia;

- o 'valor do jogo' é o valor de utilidade no equilíbrio, se existe um equilíbrio no jogo;

- 'estratégias ótimas' são aquelas que resultam no valor do jogo;

- uma 'solução' para um jogo consiste no conjunto formado pelas estratégias ótimas para os jogadores e pelo valor do jogo;

- os jogos podem ser de 'soma zero', quando o valor de utilidade ganho por um jogador é igual ao valor de utilidade perdido pelo outro jogador, ou de 'soma não zero', quando não há tal correspondência nos valores de utilidade;

- os jogos podem ser de 'informação completa', quando todos os jogadores estão cientes das opções, estratégias e valores de utilidade dos demais, e de 'informação incompleta', quando pelo menos um dos jogadores não sabe tudo acerca dos demais, mas o que ele sabe é correto;

- os jogos podem ser 'não-cooperativos', em que não há comunicação entre os jogadores, ou 'cooperativos', em que a cooperação entre jogadores pode levar a mútuas vantagens.

Ao longo dos anos, os conceitos formulados por von Neumann e Morgenstern foram aprofundados e ampliados, aumentando a abrangência dos tópicos tratados pela Teoria dos Jogos.

Contribuições como as de Nash – mostrando a existência de um ponto de equilíbrio para os jogos não-cooperativos, ampliando a utilização de jogos de soma não zero, e apresentando solução para o problema da barganha em jogos cooperativos, dando grande impulso à Teoria da Barganha –, como a de Isaac – estabelecendo a teoria dos jogos diferenciais, hoje mais conhecidos como jogos dinâmicos, que introduziram o fator tempo nos jogos – ou como as de Harsanyi – introduzindo a análise Bayesiana para escolha de estratégias em jogos de informação incompleta –, entre outras, possibilitaram a superação

de muitas das críticas feitas às limitações da estrutura matemática proposta por von Neumann e Morgenstern (Walker, 1995).

Outras, além de se constituírem em avanços na formulação matemática dos jogos, impulsionaram ramos especializados da Teoria dos Jogos. Exemplos destas, são (Fraser e Hipel, 1984; Fang *et al*, 1993):

- a Teoria Metagame (Howard, 1971), que definiu o comportamento humano possível em situações de conflito e forneceu uma notação flexível (“option form”) para estruturar e registrar os principais elementos de um modelo de conflito. Um “metagame” é um jogo onde as estratégias são selecionadas levando em conta as possíveis reações dos jogadores; e

- a Teoria Hypergame (Bennett, 1977), na qual um (ou mais) dos jogadores não tem completa ciência da situação de conflito. Um “hypergame” é um jogo em que os jogadores podem: ter uma falsa compreensão das preferências dos outros jogadores; ter uma percepção incorreta das opções disponíveis aos demais jogadores; não estar cientes de todos os participantes do jogo; ou ter qualquer combinação destas falhas de interpretação da situação real;

Ambas, peças fundamentais ao desenvolvimento do ramo da Teoria dos Jogos conhecido como Análise de Conflitos.

2.4.4.2 – Análise de Conflitos

Enquanto a Teoria dos Jogos constitui-se no estudo das propriedades matemáticas de conflitos (Luce e Raiffa, 1957), a Análise de Conflitos é “o ramo da Teoria dos Jogos, diferindo das abordagens mais tradicionais desta, constituído de metodologias e técnicas voltadas ao estudo sistemático dos diferentes tipos de conflito que ocorrem no mundo” (Fang *et al*, 1993) ou, em outras palavras, “é um conjunto de métodos práticos para aplicação de conceitos da Teoria dos Jogos a conflitos do mundo real” (Fraser e Hipel, 1984).

Segundo Fang *et al* (1993), as ferramentas de Análise de Conflitos podem ser aplicadas para estudar conflitos históricos – para analisar as possíveis soluções que poderiam ter ocorrido –, em curso – para verificar os possíveis cursos de ação e soluções que podem se apresentar – ou hipotéticos – objetivando estudar as interações estratégicas inerentes a uma determinada classe de disputa.

Entre as metodologias e técnicas da Análise de Conflitos, destacam-se:

- o Método de Análise de Conflito (Fraser e Hipel, 1984); e
- o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang *et al*, 1993).

Método de Análise de Conflito (Fraser e Hipel, 1984)

O Método de Análise de Conflito de Fraser e Hipel (1984) é uma reformulação e extensão da Análise Metagame de Howard (1971) e consiste de duas etapas:

- Modelagem – onde é feita a construção do modelo, com as informações disponíveis sobre o conflito sendo organizadas de forma sistemática em uma estrutura formal que define: os jogadores, as opções e estratégias, os resultados *praticáveis* do jogo (efetuando-se a remoção dos resultados *impraticáveis*, isto é, aqueles logicamente impossíveis ou altamente indesejáveis) e o vetor de preferências de cada jogador (as preferências de cada jogador em relação a esses resultados, ordinalmente listadas da mais para a menos preferível). O modelo do conflito (jogo) consiste, então, dos jogadores, suas opções e seus vetores de preferências. Um modelo é considerado válido se preserva as características importantes do conflito;

- Análise de Estabilidade – onde é verificada a estabilidade de cada resultado praticável para todos os jogadores. Se um resultado é *estável* para um dado jogador, não há benefícios para esse jogador mover-se unilateralmente para qualquer outro resultado através de uma mudança de estratégia; se tal mudança é vantajosa para um dado jogador, o resultado é *instável* para ele. Um resultado que é estável para todos os jogadores no modelo do jogo é um *equilíbrio* e constitui uma possível solução para o conflito.

Como um conflito é, geralmente, um fenômeno dinâmico, é importante que seja escolhido um ponto no tempo para realizar a modelagem. Conseqüentemente, o conflito é modelado para um instante específico e todos os resultados aplicam-se apenas a esse instante; quando mais de um ponto no tempo é crucial para a análise, a modelagem e a análise de estabilidade podem ser feitas para cada um deles; se os aspectos dinâmicos do conflito são críticos, usa-se a *análise dinâmica*, a qual é análoga a um filme do conflito que evolui no tempo.

O método, segundo os autores, é um procedimento flexível para modelagem de grande variedade de situações de conflito, nas mais diversas áreas: militar, energética, ambiental, de engenharia e de negociações.

Como exemplo de sua aplicação em conflitos hídricos, pode ser apresentado, entre outros, o trabalho de Okada *et al* (1985), referente ao conflito de alocação de água entre prefeituras a montante e jusante do Lago Biwa, situado na ilha de Honshu, no Japão.

Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang *et al*, 1993)

O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos, desenvolvido por Fang, Hipel e Kilgour em 1993, tem sua fundamentação matemática na Teoria dos Jogos e na Teoria dos Grafos, constituindo-se em uma reformulação e extensão do Método de Análise de Conflito (Fraser e Hipel, 1984).

Segundo os autores, os benefícios diretos e as vantagens que podem advir da aplicação deste modelo, incluem os seguintes:

- fornecimento de uma estrutura sistemática para a descrição formal do conflito em termos de decisores, suas opções e suas preferências;
- fácil calibração do modelo do conflito em uma aplicação prática;
- modelagem de conflitos que envolvam qualquer número finito de decisores e opções (teoricamente);
- geração de todos os possíveis cenários em um conflito, a partir da definição dos decisores e suas opções;
- explicação dos efeitos do comportamento humano em uma disputa, pela análise exaustiva das possíveis interações estratégicas entre os decisores;
- predição das resoluções de compromisso que o conflito pode alcançar;
- indicação dos pontos onde é necessária mais informação;
- fornecimento de um maior entendimento sobre o conflito;
- sugestão de caminhos para uma tomada de decisão otimizada dentro das restrições sociais da disputa em exame.

Uma descrição mais detalhada do modelo está apresentada no Capítulo 3 – Metodologia.

Entre os vários exemplos de aplicação do modelo a problemas em recursos hídricos (veja Fang *et al*, 1993), no âmbito brasileiro pode ser citado o trabalho de Malta (2000), onde foi analisada uma disputa pelo uso da água no sistema de açudes Lima Campos/Orós no estado do Ceará.

3. METODOLOGIA

A metodologia seguida, tendo em vista os objetivos desta dissertação, consistiu das seguintes etapas:

1. Seleção do modelo – o estudo dos modelos de Análise de Conflitos citados no Capítulo 2 – Revisão de Literatura, levou à opção pelo Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Fang *et al*, 1993), em função de dois fatores principais: o modelo pode ser considerado um aprimoramento dos demais e oferece uma versão informatizada, o que facilita sobremaneira a sua aplicação;

2. Seleção do caso de estudo – a necessidade de uma base de dados que contivesse os parâmetros básicos exigidos pelo modelo escolhido, conduziu à seleção da cidade de Campina Grande, Paraíba, para a qual já existia uma pesquisa de opinião (Braga, 2001), realizada junto aos vários grupos representativos da sociedade – Poder Público, Usuário, Indústria e Sociedade Civil –, sobre a implantação de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água naquela cidade;

3. Concepção dos conflitos a serem simulados (modelados) – feita a partir da análise da base de dados considerada, focalizando a tomada de decisão do Poder Público;

4. Simulação (Modelagem) dos conflitos e Análise dos resultados – onde é feita a aplicação do modelo aos conflitos concebidos no item anterior e realizada a análise dos resultados apresentados;

5. Informações para a tomada de decisão – onde são indicados os resultados finais da análise dos resultados obtidos, apresentando as vantagens e desvantagens de cada solução possível, de forma a apoiar e/ou fundamentar a tomada de decisão.

O modelo e o caso de estudo selecionados, bem como os conflitos concebidos para simulação (modelagem) encontram-se descritos neste capítulo, enquanto as simulações (modelagens) dos conflitos e a análise dos resultados obtidos constituem o Capítulo 4 – Simulações e Análise de Resultados.

3.1 – O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos - GMCR (Fang *et al*, 1993)

O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR (Graph Model for Conflict Resolution), desenvolvido por Fang *et al* em 1993, é um modelo de jogo abstrato matematicamente fundamentado na Teoria dos Jogos e na Teoria dos Grafos. Constitui-se em uma técnica para uso em processos de tomada de decisão multiparticipante e multiobjetivo, podendo ser implementado como um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) ou considerado como uma metodologia interativa para suporte à decisão.

A descrição do GMCR apresentada neste capítulo é baseada em Fang *et al* (1993).

3.1.1 – Características do Modelo

O GMCR apresenta as seguintes características principais em relação à sua aplicação ao estudo de conflitos reais:

- trata de conflitos com qualquer número finito de jogadores ($n \geq 2$);
- permite qualquer número finito de opções para cada jogador;
- precisa apenas de informações de preferências ordinais de cada jogador, mas é capaz de processar preferências intransitivas. Não são permitidas preferências cardinais ou estratégias mistas;
- é um modelo de jogo de informação completa, mas pode ser estendido para uso com “hypergames” ou alguns tipos de informação parcial;
- usa vários critérios de estabilidade na definição dos possíveis equilíbrios do conflito;

- está na categoria dos jogos não-cooperativos, mas pode modelar algum tipo de cooperação (com, por exemplo, o caso em que um jogador tem alta preferência pela sua própria opção e pela opção de um outro jogador, e vice-versa; na modelagem, então, os estados em que uma dessas (ou ambas as) opções esteja selecionada terão atribuída uma preferência alta para os dois jogadores);

- as unidades básicas na descrição do conflito são os estados que o mesmo pode assumir, mais do que as decisões individuais e as seleções de opções.

3.1.2 – Conceitos Utilizados no Modelo

De acordo com a sua fundamentação matemática, o GMCR utiliza conceitos da Teoria dos Jogos e da Teoria dos Grafos, :

- Jogador (i)– indivíduo, grupo ou organização que pode tomar decisões que afetam outros jogadores no conflito;

- Opção (m) – cada ação que um jogador pode ou não executar em um conflito. A seleção das opções define a estratégia do jogador. Na notação adotada pelo GMCR, a seleção ou não de uma opção é indicada, respectivamente, por S (Sim) e N (Não);

- Estado (k) – a combinação das opções selecionadas pelos jogadores em um dado estágio do conflito. Em termos de notação, portanto, cada estado é indicado por um número (de 1 a k, sendo $k = 2^m$ o total de estados possíveis no conflito) e é representado pela combinação de S (opção selecionada) e N (opção não selecionada), indicando as escolhas de todos os jogadores envolvidos no conflito. Por exemplo, em um conflito envolvendo 2 jogadores, cada um com uma opção que pode ou não ser selecionada, os estados possíveis do conflito seriam $2^m = 2^2 = 4$, a saber: NN (onde nenhum dos jogadores seleciona a sua opção), SN (onde o jogador 1 seleciona a sua opção e o jogador 2 não o faz), NS (onde o jogador 1 não seleciona a sua opção e o jogador 2 o faz) e SS (onde ambos os jogadores selecionam as suas respectivas opções);

- Preferências – a posição relativa que cada estado ocupa, dentro do conjunto de estados que podem ocorrer no conflito, de acordo com a escolha de cada jogador. A preferência relativa indica se um estado é mais, menos ou igualmente preferido em relação a outro, sem quantificar essa preferência. O GMCR trata com preferências ordinais (ao mesmo tempo relativa e transitiva, isto é, $P(p) > P(q)$ e $P(q) > P(r) \Rightarrow P(p) > P(r)$) e

intransitivas ($P(p) > P(q)$ e $P(q) > P(r)$, mas $P(r) > P(p)$). As preferências cardinais, que indicam quanto um estado é preferido a outro, não são tratadas pelo modelo;

- Vetor de preferências – indica as preferências de um dado jogador em relação a todos os estados do conflito. Representado na forma $P_i = (P_i(1), P_i(2), \dots, P_i(u))$, onde 1, 2, ..., u são os estados do conflito e i indica o jogador, é também chamado de função “pay-off”;

- Estabilidades individuais – cálculo dos estados que são estáveis para cada jogador, de acordo com vários critérios de estabilidade. Um estado é estável para um jogador quando não há incentivos para que ele mova, unilateralmente, o conflito do estado em que se encontra para qualquer outro estado;

- Movimento unilateral – quando um jogador decide mover o conflito de um estado para outro pela mudança unilateral de estratégia; se o movimento é feito para um estado “mais preferido”, ocorre um melhoramento unilateral; se o jogador decide mover-se temporariamente para um estado “menos preferido” objetivando alcançar, eventualmente, um estado “mais preferido”, ocorre uma piora estratégica;

- Equilíbrio – é um estado que é estável para todos os jogadores e constitui-se em uma possível solução para o conflito;

- Crterios de Estabilidade ou Conceitos de Solução – definem padrões de comportamento dos jogadores, sendo empregados para indicar os estados mais estáveis para cada jogador e os estados de equilíbrio que o conflito pode apresentar sob um dado critério de estabilidade;

- Grafo Direcionado D – é um par (V, A) onde $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ é um conjunto de elementos chamados vértices e $A = \{a_{ij}, a_{kl}, \dots\}$ é um conjunto de elementos do produto cartesiano $V \times V$, chamados arcos; diz-se que um arco a_{ij} liga os vértices v_i e v_j , se $a_{ij} = (v_i, v_j)$, sendo v_i a cauda e v_j a cabeça de a_{ij} ; se o conjunto de vértices é finito, o grafo direcionado D também o é;

- Matriz de Adjacência A de um grafo direcionado D - é a matriz $n \times n$ $[a_{ij}]$, onde $a_{ij} = 1$ se v_j é um arco de D e $a_{ij} = 0$ em caso contrário;

- Matriz de Alcance R de um grafo direcionado D – é a matriz $n \times n$ $[r_{ij}]$, onde $r_{ij} = 1$ se v_j é alcançável a partir de v_i e $r_{ij} = 0$ em caso contrário.

3.1.3 – Estrutura de Aplicação do Modelo

A aplicação do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos consiste em dois estágios, a saber:

- Modelagem – é a fase de estruturação do problema, onde são determinados os jogadores e suas opções, definidos os estados que o conflito pode assumir e atribuídas as preferências dos jogadores em relação a esses estados.

- Análise – compreende duas fases:

- 1 – Análise de Estabilidade – é calculada a estabilidade de cada estado a partir do ponto de vista de cada jogador e de acordo com vários critérios de estabilidade, permitindo a definição do conjunto de equilíbrios ou possíveis soluções para o problema;

- 2 – Interpretação e Análise de Sensibilidade – os resultados são interpretados e submetidos a uma análise de sensibilidade, a qual consiste na alteração de parâmetros do modelo de conflito (jogadores, opções, estados e/ou preferências) com nova análise de estabilidade, de modo a verificar a manutenção (ou não) dos equilíbrios obtidos no modelo original. É nesta fase, portanto, que podem ser avaliadas as consequências de falhas de informação ou percepção (“hypergames”).

No final, é possível identificar as informações a serem fornecidas para apoio à tomada de decisão, seja para reforçar a adoção de cursos de ação já planejados ou para indicar quais os cursos de ação que podem facilitar a obtenção de um dado objetivo.

O fluxograma mostrado na Figura 3.1, adaptado de Fang *et al* (1993), ilustra essa estrutura de aplicação.

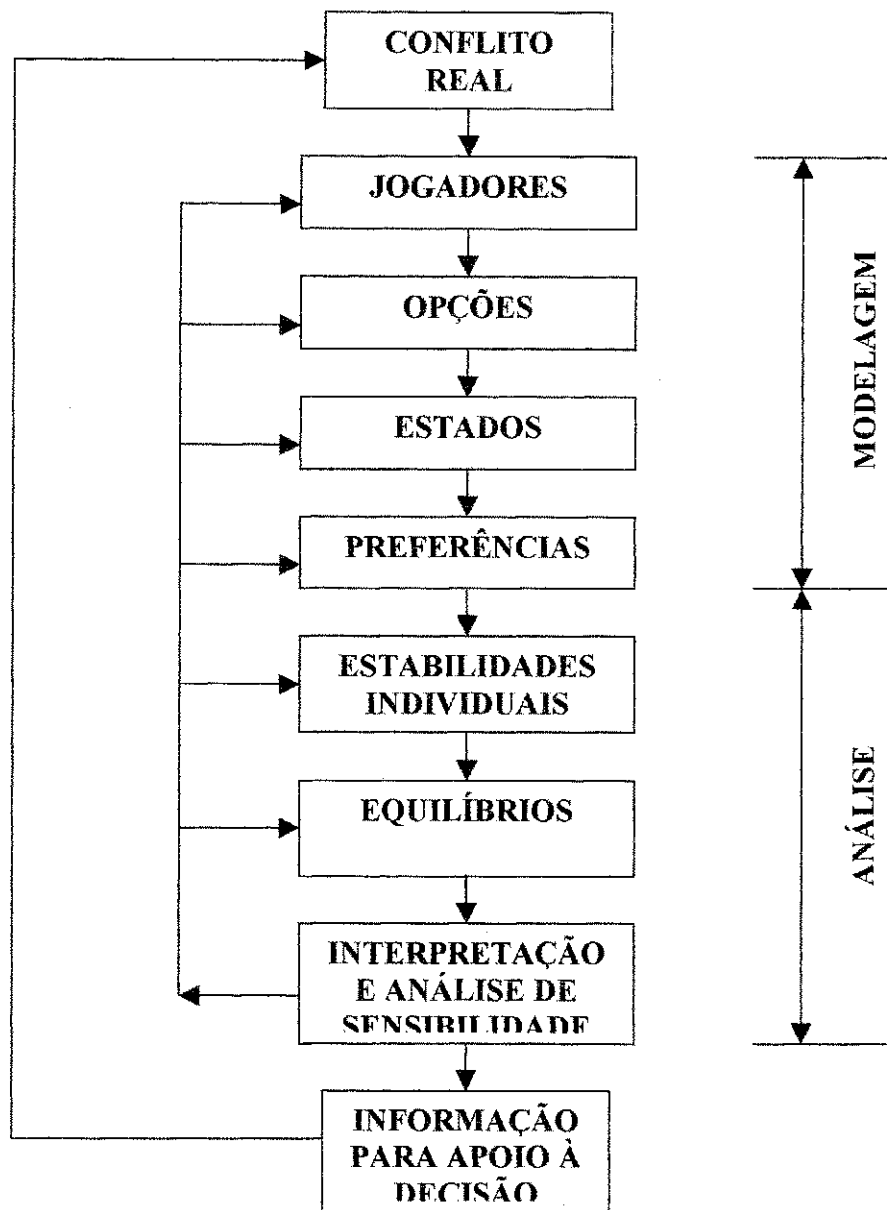


Figura 3.1 – Fluxograma do GMCR (adaptado de Fang *et al.*, 1993)

3.1.4 – Caracterização Metodológica do Modelo

No GMCR, o conflito é representado por uma coleção de grafos direcionados finitos $D_i = (U, A_i)$, $i \in N$, onde $N = \{1, 2, \dots, n\}$ é o conjunto de jogadores, $U = \{1, 2, \dots, u\}$ é o conjunto de estados do conflito e A_i é a matriz de adjacência do jogador i . Para cada jogador i considera-se conhecido o vetor de preferências (ou função “payoff”) para os estados em U , sendo $P_i = (P_i(1), P_i(2), \dots, P_i(u))$.

Os conjuntos de grafos direcionados D_i e vetores de preferências constituem o modelo grafo do conflito.

A representação analítica do grafo de um jogador i é feita por uma matriz $u \times u$ R_{ij} , chamada matriz de alcance, onde $R_i(k, q) = 1$ se o jogador i pode mover unilateralmente o conflito do estado k para o estado q , $R_i(k, q) = 0$ em caso contrário, e $R_i(k, k) = 0$ por convenção. A lista de alcance do jogador i é uma expressão equivalente da matriz de alcance e representa o conjunto de todos os estados para os quais o jogador i pode mover-se (em uma etapa) a partir do estado k . Assim, $S_i(k) = \{q : R_i(k, q) = 1\}$ e o conflito é, então, especificado por $n \cdot u$ listas de alcance, uma para cada jogador e estado. Tendo em vista, principalmente, a economia de espaço de armazenamento, o GMCR utiliza as listas de alcance na representação analítica do conflito.

Analogamente, a matriz R_i^+ (definida por $R_i^+(k, q) = 1$ se $R_i(k, q) = 1$ e se $P_i(q) > P_i(k)$, caso contrário $R_i^+(k, q) = 0$) e a lista de alcance $S_i^+(k)$ (definida por $S_i^+(k) = \{q : R_i^+(k, q) = 1\}$) dos melhoramentos unilaterais de cada jogador representam os movimentos possíveis do jogador i a partir de um estado k para um estado q de maior preferência.

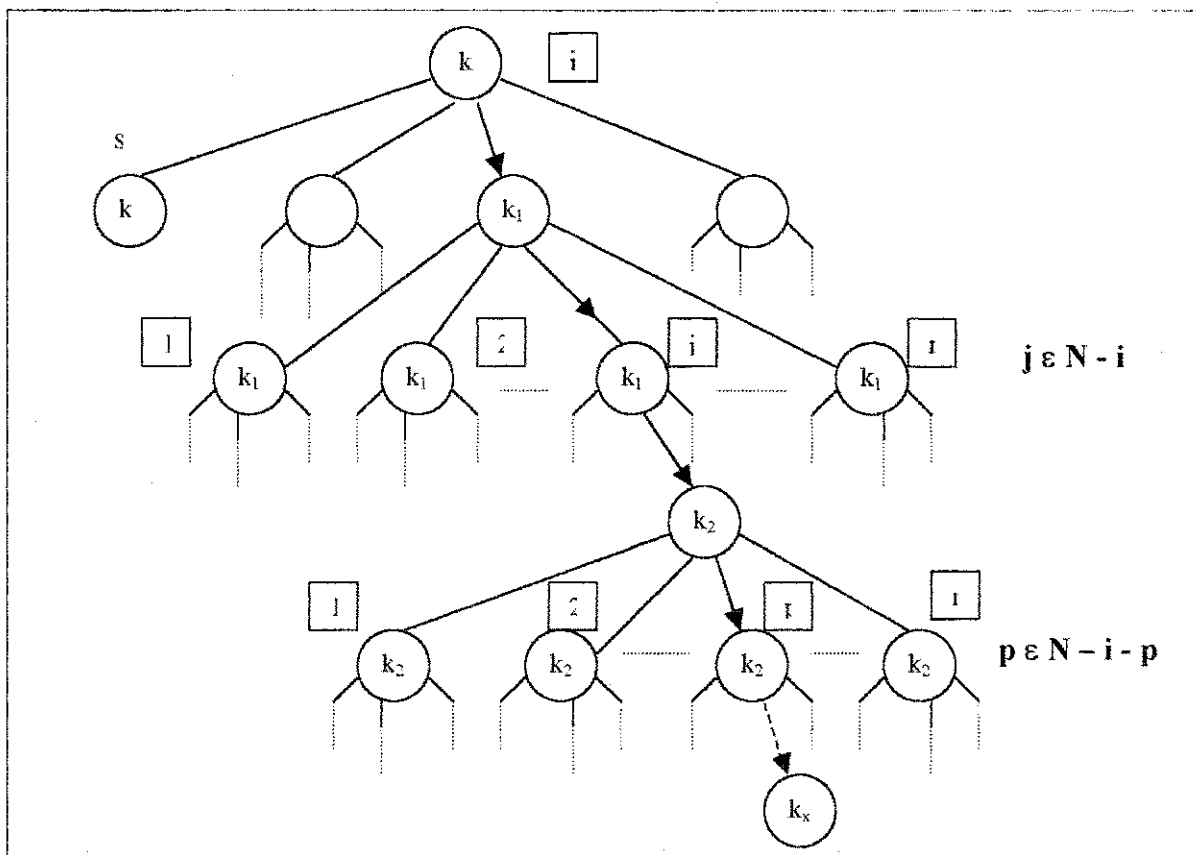


Figura 3.2 – Problema de decisão do jogador i em jogo de n jogadores (Fang *et al.*, 1993)
 $\{1, 2, i, j, p, n \Rightarrow$ jogadores; $k, k_1, k_2, k_x \Rightarrow$ estados do conflito; $s \Rightarrow$ permanece em k (stay))

Para facilitar a visualização da seqüência de movimentos dos jogadores em um jogo com n jogadores ($n \geq 2$), a Figura 3.2 ilustra o problema do jogador i num estado inicial k : se i toma a iniciativa e decide mover o conflito para um estado $k_1 \in S_i(k)$, o jogador j pode mover o conflito para $k_2 \in S_j(k_1)$; dependendo da decisão de j , outro jogador p pode optar por mover o conflito de k_2 para $k_3 \in S_p(k_2)$, e assim por diante. As expectativas do jogador i quanto às ações dos demais jogadores a partir do estado $k_1 \in S_i(k)$, podem fazê-lo optar por permanecer no estado inicial (*status quo*) k .

O cálculo das estabilidades dos estados para cada jogador é feito através dos critérios de estabilidade mostrados, de forma resumida, na Tabela 3.1, onde:

- 'Critério de Estabilidade' fornece uma definição resumida do critério de estabilidade considerado;
- 'Visão de Futuro' indica a habilidade do jogador em considerar os possíveis rumos que o conflito pode seguir no futuro; e
- 'Recuo' indica se o jogador aceita piores estratégias, suas ou dos seus opositores.

Tabela 3.1 – Resumo dos Critérios de Estabilidade (adaptado de Fang *et al*, 1993).

Critério de Estabilidade	Visão de Futuro	Recuo
Racionalidade de Nash – o jogador i não analisa as reações possíveis ao seu movimento e espera que o conflito se manterá no estado de sua escolha	Pequena (1 movimento)	Nunca há piora estratégica para nenhum jogador
Meta-racionalidade Geral – o jogador i analisa as possíveis reações ao seu movimento mas ignora suas próprias possíveis contra-reações	Média (nº de jogadores)	Pode haver piora estratégica dos oponentes (sanção)
Meta-racionalidade Simétrica – o jogador i considera não apenas suas próprias possibilidades de movimento e as reações dos outros jogadores, mas também as suas chances de contra-reação	Média (nº de jogadores)	Pode haver piora estratégica dos oponentes (sanção)
Seqüencial – o jogador i analisa se está impedido de mover-se para um estado mais preferido por ele porque uma seqüência de movimentos dos outros jogadores resultará em um estado menos preferido para ele do que o estado inicial	Média (nº de jogadores)	Nunca há piora estratégica para nenhum jogador (movimento = melhoramento)
Movimento-Limitado (L_h) – o jogador i antecipa que conseguirá o menos preferido de todos os estados que podem ocorrer como resultado da iniciativa de cada um dos outros jogadores	Variável (h movimentos)	Pode haver piora estratégica do jogador e dos oponentes
Estabilidade Não-Míope – corresponde ao limite da estabilidade L_h quando h tende a infinito	Alta	Pode haver piora estratégica do jogador e dos oponentes

Fang *et al* (1993) tratam ainda de outro tipo de critério de estabilidade, denominado 'Equilíbrio de Stackelberg', para o caso de conflitos com três jogadores, onde um é o líder e os outros são seguidores; este critério de estabilidade, entretanto, não será abordado nesta dissertação.

As definições a seguir, referem-se a conflitos em que mais de dois jogadores estão envolvidos. Embora haja algumas diferenças no tratamento dos critérios de estabilidade para conflitos com dois jogadores, podem ser consideradas como casos particulares dos critérios de estabilidade para jogos onde $n > 2$.

Os critérios de estabilidade, então, são assim definidos:

- Estabilidade de Nash (R)

O jogador i não analisa as reações possíveis ao seu movimento, esperando que todos os outros jogadores manterão o estado para onde ele move o conflito; assim, o estado k é Nash estável para o jogador i se e somente se não existe outro estado mais preferido alcançável a partir de k . A visão de futuro deste critério de estabilidade é pequena (1 movimento) e não considera a possibilidade de recuo ou piora estratégica (o jogador só consegue enxergar o seu próprio possível movimento, o qual terá lugar apenas quando se constituir num melhoramento unilateral).

Definição: Seja $i \in N$. Um estado $k \in U$ é Nash estável para o jogador i , se e somente se $S_i^+(k) = \emptyset$.

- Estabilidade Meta-racional Geral (GMR)

O jogador i julga seus possíveis movimentos de forma muito conservadora: enquanto considera todas as possíveis reações ao seu movimento, ignora suas próprias possíveis contra-reações; além disso, espera que algum dos outros jogadores responda de modo a bloquear qualquer dos seus melhoramentos unilaterais, sempre que seja possível e sem considerar as próprias preferências (sanção), e que o conflito termina depois da decisão desse oponente. Desta forma, um estado k será GMR estável para o jogador i se e somente se para todo k_1 da sua lista de melhoramentos unilaterais a partir de k , existe um k_x pertencente às listas de alcance dos demais jogadores, a partir de k_1 , tal que a preferência de i em relação a k_x é menor que a preferência em relação a k . A visão de futuro deste critério de estabilidade é média (número de jogadores, mas limitada à ação (k_1) e à reação a ela (k_x)) e pioras estratégicas só ocorrem para os oponentes.

Definição: Seja $i \in N$. Um estado $k \in U$ é meta-racional geral estável para o jogador i se e somente se para todo $k_1 \in S_i^+(k)$ existe $k_x \in S_{N-i}(k_1)$ com $P_i(k_x) \leq P_i(k)$.

- Estabilidade Meta-racional Simétrica (SMR)

O jogador i considera não apenas suas próprias possibilidades de movimento (k_1) e as reações de outros jogadores (k_x), mas também as suas chances de contra-reação (k_3), antecipando que o conflito terminará após esta. Portanto, um estado k será meta-racional simétrico estável para o jogador i se e somente se para todo k_1 da sua lista de melhoramentos unilaterais a partir de k , existe k_x pertencente às listas de alcance dos demais jogadores a partir de k_1 , tal que a preferência de i em relação a k_x é menor ou igual à sua preferência em relação a k_1 , e todo k_3 alcançável por i a partir de k_x , também é menos preferido por i do que o estado original k . A visão de futuro deste critério de estabilidade é média (número de jogadores, mas limitada à ação (k_1), à reação (k_x) e à contra-reação (k_3)) e podem ocorrer piores estratégias para os oponentes.

Definição: Seja $i \in N$. Um estado $k \in U$ é meta-racional simétrico estável para o jogador i se e somente se para todo $k_1 \in S_i^+(k)$ existe $k_x \in S_{N-i}(k_1)$, tal que $P_i(k_x) \leq P_i(k)$ e $P_i(k_3) \leq P_i(k)$, para todo $k_3 \in S_i(k_x)$.

- Estabilidade Sequencial (SEQ)

O jogador i considera suas próprias possibilidades de movimento (k_1) e as reações de outros jogadores (k_x), antecipando que uma seqüência de melhoramentos unilaterais individuais dos outros jogadores resultará em um estado menos preferido para ele do que o estado inicial. A visão de futuro deste critério de estabilidade é média (número de jogadores, mas limitada à ação (k_1) e à reação a ela (k_x)) e nunca ocorre recuo (visto que os movimentos dos demais jogadores devem se constituir em melhoramentos individuais para eles). A principal diferença entre este critério de estabilidade e a estabilidade GMR é a exigência de que os movimentos dos oponentes, na estabilidade SEQ, sejam sempre para estados mais preferidos.

Definição: Seja $i \in N$. Um estado $k \in U$ é sequencial estável para o jogador i se e somente se para todo $k_1 \in S_i^+(k)$ existe $k_x \in S_{N-i}^+(k_1)$ com $P_i(k_x) \leq P_i(k)$.

- Estabilidade de Movimento-Limitado (L_h)

O jogador i antecipa, conservadoramente, que conseguirá o menos preferido de todos os estados que podem ocorrer como resultado da iniciativa de cada um dos outros jogadores; considera também se pode ou não tomar parte na seqüência de melhoramentos unilaterais, isto é, se é capaz de fazer outros movimentos depois, no processo, haja vista que nenhum jogador pode mover-se duas vezes sucessivas (assim, há dois tipos de estabilidade L_h : no Caso 1, o jogador i toma parte na seqüência de respostas; no caso 2, o jogador i não toma parte na seqüência de respostas), sendo assumido que existe um número máximo de decisões (h), denominado “comprimento do conflito”. Neste critério de estabilidade, adota-se a hipótese de que o conflito termina assim que dois jogadores decidem não mover o conflito ou assim que se esgota o número de decisões; a visão de futuro é variável (h movimentos) e podem ocorrer piores estratégias para o jogador com a iniciativa (i).

Definição: Seja $i \in N$. Um estado $k \in U$ é movimento-limitado, com horizonte h , estável para o jogador i se e somente se o vetor de antecipação $G_h(i, k) = k$.

Obs.: $G_h(i, k)$ é o estado final do conflito após h decisões.

- Estabilidade Não Míope (NM)

Este critério de estabilidade corresponde ao limite da estabilidade de movimento limitado (L_h) quando h tende ao infinito, havendo também dois casos da estabilidade não míope: Caso 1, quando o jogador original participa da seqüência de respostas; Caso 2, quando o jogador original não participa da seqüência de respostas.

Definição: Para $i \in N$, um estado $k \in U$ é não míope estável para o jogador i se e somente se existe um inteiro positivo t' tal que $G_t(i, k) = k$ para todo $t \geq t'$.

Os cálculos das estabilidades individuais dos estados de acordo com os critérios de estabilidade aqui apresentados, estão apresentados no Anexo 1 – Ilustração da Aplicação do GMCR, para um jogo com dois jogadores. Apesar das diferenças existentes em relação às definições dos critérios de estabilidade para jogos com mais de dois jogadores (principalmente quanto às estabilidades de Movimento Limitado e Não Míope, visto que em jogos com dois jogadores não são considerados os Casos 1 e 2), o exemplo permite a visualização das etapas de cálculo de todos os critérios.

Definidos os estados estáveis para cada jogador, considerando todos os critérios de estabilidade ou apenas aqueles da escolha do modelador do conflito, em função dos

padrões de comportamento dos participantes ou do tipo de decisão a ser tomada, o GMCR verifica a existência de equilíbrios, também de acordo com os critérios de estabilidade.

Apontados os equilíbrios que podem ocorrer, é feita uma análise de sensibilidade, pela alteração de parâmetros do modelo, de modo a verificar se os equilíbrios encontrados se mantêm, avaliando assim a confiabilidade dos resultados obtidos.

3.1.5 – O Sistema de Apoio à Decisão GMCR

Para facilitar a utilização do Modelo Grafo para Resolução de Conflito (Fang *et al*, 1993), os autores desenvolveram um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), chamado GMCR, que calcula a estabilidade dos estados do conflito modelado, apresentando os estados estáveis para cada jogador, conforme todos os critérios de estabilidade considerados pelo Modelo Grafo, e indicando os equilíbrios do modelo.

O SAD GMCR consiste em dois conjuntos de programas, escritos em linguagem 'C' e executáveis em plataforma DOS, sendo o GMCR2 utilizado em conflitos com dois jogadores (máximo de 200 estados e 20 movimentos) e o GMCRn em conflitos com mais de dois jogadores (máximo de 5 jogadores, 100 estados e 10 movimentos).

3.2 – Caso de Estudo

Para aplicação de uma técnica de Análise de Conflitos em um processo de seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água, foi escolhida a cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, localizada a 120 km da capital, João Pessoa.

A escolha da cidade de Campina Grande como caso de estudo desta dissertação, deveu-se a dois fatores principais:

- a crise no abastecimento de água (1998-2000) enfrentada pela cidade, que pode ser vista como um alerta quanto à necessidade de implementação do gerenciamento da demanda urbana de água em Campina Grande; e
- a existência de uma base de dados contendo os parâmetros básicos exigidos pelo modelo, resultante da pesquisa de opinião feita por Braga (2001).

3.2.1 – Características da Cidade de Campina Grande - PB

Campina Grande é a segunda maior cidade da Paraíba, com uma população de cerca de 350.000 habitantes, constituindo-se em importante polo tecnológico, industrial e educacional do Nordeste brasileiro.

Está situada no semi-árido nordestino, na mesorregião do Agreste Paraibano, no trecho mais alto das escarpas orientais do planalto da Borborema, a uma altitude entre 500 e 600 m (altitude média de 551 m), com latitude Sul de 7°13'50" e longitude Oeste de 35°52'52". Apresenta clima do tipo equatorial semi-árido, com temperaturas médias em torno de 25°C e precipitação pluviométrica média anual de 730 mm (PMCG, 2002).

Encontra-se inserida na bacia hidrográfica do rio Paraíba, mas localiza-se nas proximidades do divisor da bacia e não é banhada pelo rio principal ou por qualquer dos seus afluentes maiores, fato que, juntamente com a sua situação geográfica, contribui para os problemas de abastecimento de água que a cidade tem enfrentado ao longo de sua história (Rêgo *et al*, 2000).

O abastecimento de água de Campina Grande é de responsabilidade da CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, desde a captação, elevação, tratamento e armazenamento até a distribuição para 89.526 unidades consumidoras (CAGEPA, 2002), responsáveis pelo consumo médio mensal de 1.159.295 m³, conforme indicado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Consumo médio de Campina Grande – PB (CAGEPA, 2001)

Categoria	Consumo médio (m³/mês)	% do Total
Residencial	942.019	81,258
Comercial	67.507	5,823
Industrial	51.496	4,442
Público	72.271	6,234
Misto	26.003	2,243
Total	1.159.295	100,000

3.2.2 – O Abastecimento de Água da Cidade de Campina Grande - PB

O primeiro reservatório destinado ao abastecimento d'água em Campina Grande, foi o Açude Velho, construído em 1829 no riacho das Piabas. Na década de 1830, foi construído o Açude Novo, também com o objetivo de atender as demandas locais por água potável. Na seca ocorrida em 1888, ambos os açudes secaram, levando o pânico à

população da cidade. O início do século XX veio acompanhado de um crescimento acelerado da cidade, principalmente após a inauguração da linha férrea, fazendo recrudescer o problema da escassez de água. Em 1917, foi inaugurado o Açude de Bodocongó, cujas águas, devido ao alto teor de salinidade, não puderam ser utilizadas para o abastecimento de água potável, mas cumpriram um importante papel para a infraestrutura do bairro industrial de Bodocongó (atualmente, o Açude Novo não mais existe e os Açudes Velho e de Bodocongó não são utilizados para abastecimento de água de Campina Grande).

Só em 1927 é que surgiu o primeiro sistema de abastecimento d'água da cidade, o sistema Puxinanã, captando água dos açudes Puxinanã e Grota Funda (localizados no atual município de Puxinanã), aduzindo por gravidade (desnível de 68 m), ao longo de cerca de 15,5 km, o equivalente a 478.000 m³/ano; a distribuição era feita a partir de uma caixa d'água com capacidade de 500 m³ para chafarizes construídos na sua proximidade, e a população recebia cerca de 67 l/habitante/dia de água bruta (não tratada). O desenvolvimento econômico que a cidade experimentava, acelerando o seu crescimento, logo tornou esse sistema insuficiente para o atendimento da demanda.

Em 1936, foi construído o sistema Vaca Brava, com captação no açude de mesmo nome, localizado no município de Areia, sendo a água aduzida para Campina Grande por aproximadamente 30 km até a estação de tratamento; após o tratamento convencional, era distribuída para o consumo através de uma rede com cerca de 35 km. Mas já em 1945, novas crises no abastecimento d'água voltam a atormentar a população, principalmente pela incorporação de novas localidades ao sistema Vaca Brava e, finalmente, em 1956, foi inaugurado o Açude Público Epitácio Pessoa (também chamado de "Boqueirão"), o qual passou a suprir o abastecimento de água de Campina Grande e outras comunidades do chamado Compartimento da Borborema, atendendo a uma população atualmente estimada em cerca de 500.000 pessoas (MP-PB, 1998; PMCG, 2002).

O Açude Público Epitácio Pessoa foi construído pelo DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, no período de 1952 a 1956, no rio Paraíba, no município de Boqueirão de Cabaceiras. Sua capacidade total de acumulação, no projeto original, foi estimada em 536.000.000 m³, quando o espelho d'água atinge a cota de 378,36 m, na soleira do vertedor, com área de 47 km² correspondente a esta cota (MP-PB, 1998a; Rego *et al*, 2000). Segundo Rêgo *et al* (2000), essa capacidade máxima não corresponde à realidade, visto que foram encontrados erros na relação cota-área-volume original;

levantamento batimétrico feito em 1998, na cota atingida pelo espelho d'água na ocasião, inferior à cota da soleira do vertedor, e “uma temerária extrapolação até a cota do vertedor, feita com base nos gradientes das curvas antigas, estimou o volume máximo do reservatório em 450.421.552 m³”, volume que passou a ser considerado oficialmente como a capacidade do reservatório (LMRS, 2002).

O reservatório Epitácio Pessoa, de acordo com dados referentes ao ano de 1998, supre as seguintes demandas consuntivas (MP-PB, 1998a; Rego *et al*, 2000):

- abastecimento urbano – atendendo as cidades de Campina Grande, Queimadas, Caturité, Pocinhos, Boqueirão e Riacho de Santo Antônio, além dos distritos de Galante e São José da Mata e outros centros populacionais menores (estes, de forma eventual, através de carros-pipa), com vazão total estimada em 1,0 m³/s;

- perenização do rio Paraíba – vazão estimada em 0,15 m³/s (nos anos secos), mas com valores muito superiores nos anos normais, liberada através de descarga de fundo;

- irrigação – praticada a montante do reservatório, margeando a sua bacia hidráulica, para a produção de hortaliças e frutas em propriedades particulares. A vazão varia com as oscilações climáticas, mas em alguns meses chega a 1,0 m³/s, igualando o consumo para abastecimento urbano.

3.2.3 – A Crise no Abastecimento de Água (1998-2000) em Campina Grande - PB

A seca prolongada que atingiu a região Nordeste do Brasil no período de 1997 a 1999, deflagrou uma crise no abastecimento d'água da cidade, em função da grande redução do nível do reservatório Epitácio Pessoa. A descrição do desenrolar da crise, feita a seguir, é baseada em MP-PB (1998a, 1998b, 1999) e Rêgo *et al* (2000).

Em junho de 1998, foi verificado que o reservatório não havia recebido nenhuma vazão afluyente e, em relatório técnico, o Grupo Permanente de Assessoramento Técnico à Coordenação do 2º Centro de Apoio Operacional – Ministério Público da Paraíba – Coordenação das Curadorias em Campina Grande – PB, considerando que o reservatório alcançaria o seu volume intangível no prazo máximo de 10 meses, se não fossem tomadas medidas para redução das vazões retiradas, apresentou várias recomendações, entre as quais destacam-se: a destinação da reserva disponível, no reservatório, para o exclusivo atendimento das necessidades de consumo humano e animal; o fechamento imediato da comporta de alimentação da calha do rio Paraíba; a transferência das acumulações hídricas

em barragens construídas a montante do reservatório, para o atendimento da demanda deste; a proibição da prática de irrigação nas margens do reservatório.

Destas recomendações, apenas o fechamento da comporta foi realizado, pelo DNOCS. Continuava, no entanto, a mobilização liderada pelo Ministério Público. Em outubro de 1998, através de um Laudo Técnico, o Grupo Permanente de Assessoramento Técnico, não apenas apontou os fatores que contribuíam para o agravamento da situação – citando, entre eles, a completa ausência de qualquer gestão hídrica, seja no controle das retiradas de água do reservatório ou na bacia hidrográfica como um todo, e os baixos índices pluviométricos dos anos anteriores – mas também apresentou simulações do comportamento do reservatório, considerando quatro situações:

- continuação das condições de uso praticadas até aquele momento – que indicou o colapso do sistema de abastecimento d'água a partir do mês de maio de 1999;
- implantação de racionamento do abastecimento urbano – o sistema entraria em colapso a partir do mês de junho de 1999;
- anulação do consumo para irrigação – o colapso do sistema ocorreria a partir de agosto de 1999;
- anulação do consumo para irrigação simultaneamente à implantação do racionamento do abastecimento urbano – o sistema entraria em colapso a partir do mês de novembro de 1999.

Embora a lista de recomendações do Laudo Técnico fosse encabeçada pela “suspensão imediata e definitiva da irrigação praticada a montante”, que poderia assegurar 9 meses de funcionamento do sistema de abastecimento, surpreendentemente a medida adotada foi a implantação do racionamento d'água na cidade de Campina Grande (6 meses de funcionamento do sistema, de acordo com as simulações). A CAGEPA dividiu a cidade em duas zonas, para efeito de distribuição alternada de água, de acordo com calendários definidos, a partir de novembro de 1998. No início, a população ficava sem água por dois dias por semana, mas à medida que a seca avançava pelo ano de 1999, o racionamento de água foi sendo aumentado, até atingir quatro dias por semana em sua fase final.

Em fevereiro de 1999, um Parecer do Grupo Permanente de Assessoramento Técnico, alertou para o fato do nível d'água do reservatório ter atingido, em 31/01/1999, a cota 364,40 m, sendo que o sistema de abastecimento público poderia entrar em colapso quando o nível d'água do reservatório atingisse a cota 362,00 m, ocasião em que poder-se-

ia esperar a ocorrência de vórtices, provocando a entrada de ar nas tubulações e inviabilizando o bombeamento de água.

Acionada pelo Ministério Público, a Justiça Federal concedeu liminar, suspendendo a prática da irrigação na bacia hidráulica do Açude Público Epitácio Pessoa a partir de março de 1999.

O racionamento de água na cidade só veio a ser suspenso em abril de 2000, quando as chuvas daquele ano já haviam produzido vazões afluentes ao reservatório, em volume suficiente para tranquilizar a população que, mobilizada e consciente da gravidade da crise, chegou a rejeitar a primeira tentativa feita pela CAGEPA para suspender o racionamento logo após as primeiras chuvas. Nos últimos meses de 2001, novamente foi iniciado o racionamento de água na cidade (dois dias por semana), vigorando até o início do mês de março de 2002.

3.2.4 – A Situação Atual do Abastecimento de Água em Campina Grande - PB

As chuvas ocorridas no primeiro semestre de 2002 afastaram a necessidade da continuidade do racionamento. No entanto, não foram suficientes para armazenar sequer a metade da capacidade máxima do Açude Público Epitácio Pessoa – cerca de 44% da capacidade em meados de julho de 2002 (LMRS, 2002).

Embora a prática da irrigação a montante do reservatório continue oficialmente proibida (enquanto não ocorre o julgamento do mérito da liminar), pode-se dizer que o rigor na fiscalização não é o mesmo da época da crise no abastecimento de água de Campina Grande (1998-2000). Além disso, em meados do primeiro semestre de 2002, foi inaugurada a Adutora do Cariri, com 180 km de extensão e vazão de projeto de 110 l/s, para fortalecer o abastecimento de 10 cidades da região do Cariri paraibano – Boqueirão, Cabaceiras, Boa Vista, Soledade, Juazeirinho, São Vicente, Cubati, Pedra Lavrada e Olivedos –, captando água do reservatório Epitácio Pessoa (SEMARH, 2002).

A evolução do volume armazenado no reservatório é mostrada na Tabela 3.3, para os meses de agosto, setembro e outubro (até 24/10) de 2002, considerando-se a capacidade máxima de 450.421.550 m³:

Tabela 3.3 – Volume armazenado no Açude Público Epitácio Pessoa (LMRS, 2002)

Mês	Dia	Volume (10^3 m^3)	% $V_{\text{máx}}$	Diferença (10^3 m^3)	Dif (%)
Agosto/2002	01	193.404,00	42,94	7.966,00	1,82
	31	185.438,00	41,12		
Setembro/2002	01	185.165,00	41,11	8.474,00	1,91
	30	176.691,00	39,20		
Outubro/2002 (até o dia 24)	01	176.520,00	38,19	6.936,00	0,54
	24	169.584,00	37,65		

[% $V_{\text{máx}}$ – percentual do volume armazenado em relação à capacidade do reservatório;

Diferença (10^3 m^3) – volume no primeiro dia do mês menos volume no último dia do mês;

Dif (%) – diferença percentual do volume armazenado no primeiro e último dia do mês]

Considerando que o período chuvoso na região se estende do mês de março até o mês de julho (eventualmente, até meados de agosto), verifica-se que o reservatório inicia o período seco com apenas 40,48 % do volume máximo. Dependendo das condições pluviométricas em 2003, pode haver necessidade de novo racionamento de água para a cidade de Campina Grande.

A resposta do Poder Público Estadual à crise no abastecimento da cidade de Campina Grande, mais uma vez, repetindo a história do abastecimento de água desta cidade (item 3.2.2), foi aumentar a oferta de água, com a construção (SEMARH, 2002):

- da Barragem Acauã, no rio Paraíba (bacia do Médio Paraíba), no município de Natuba, concluída no segundo semestre de 2002, com capacidade de acumulação de 253 milhões de m^3 , objetivando abastecer 10 cidades localizadas na bacia do Médio Paraíba e fortalecer o abastecimento da cidade de Campina Grande; e

- do Sistema Adutor Acauã, com vazão de projeto de 944,74 l/s, captação na Barragem de Acauã, extensão de 175 km, em fase inicial de execução, e que irá exigir as seguintes obras hidráulicas: 2 captações flutuantes, 7 estações elevatórias, 28 tanques de amortecimento unidirecional, 1 “stand pipe”, 4 estações de tratamento compactas e 1 estação de tratamento convencional.

Esta solução não conta com o apoio unânime dos técnicos paraibanos, tanto pelo alto custo quanto pelas dúvidas em relação à qualidade da água que será acumulada.

Ainda em 1995, antes da crise no abastecimento d’água na cidade, a Prefeitura Municipal, por sua vez, também optou pela linha tradicional do aumento da oferta de água, com o Projeto Multilagos (ATECEL, 1995), que prevê a construção de 17 reservatórios (barragens) ao redor da cidade – estrategicamente situados de forma a servirem, entre outros objetivos, como reserva d’água para abastecimento emergencial dos bairros

próximos – com capacidade para acumular 100.000.000 m³. Aprovado na Assembléia Legislativa do Estado da Paraíba, o Projeto aguarda inclusão no orçamento do estado.

Não se discute aqui o mérito da adoção destas medidas de aumento da oferta de água, mas a análise dos fatores que conduziram à crise no abastecimento de água em Campina Grande – sua localização geográfica, os usos da água do reservatório Eptácio Pessoa, a ausência de gerenciamento, tanto em relação ao reservatório quanto à bacia hidrográfica em que este se insere, a adoção de medidas de redução de consumo apenas em situações de crise, entre outros – enfatiza a necessidade de um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos, feito nos moldes mais modernos, onde não seja mantida a ótica tradicional de apenas aumentar a oferta, mas que faça do gerenciamento da demanda urbana de água o meio de evitar novas crises, de iguais (ou piores) proporções.

3.3 – Base de Dados

No desenvolvimento de sua dissertação de mestrado, Braga (2001) realizou uma pesquisa de opinião sobre a implantação de treze alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água para redução do consumo de água na cidade de Campina Grande. Os grupos de decisores foram constituídos de acordo com a formação de um Comitê de Bacia (Lei 9433/97), envolvendo representantes do Poder Público, da concessionária de abastecimento de água da cidade, da indústria e da sociedade civil. As preferências de cada membro dos grupos foram atribuídas segundo cinco critérios qualitativos, assim definidos (Braga, 2001):

- viabilidade econômica – espécie de análise custo/benefício, onde o decisor considera os custos da alternativa e o retorno do investimento necessário à sua implementação, indicando se a viabilidade econômica da alternativa é ‘Baixa’, ‘Média’, ‘Alta’ ou ‘Muito alta’;

- viabilidade técnica/operacional – o decisor considera a funcionalidade e a facilidade de operação da alternativa, definindo se a alternativa é ‘Inviável’, ‘Pouco viável’ ou ‘Viável’;

- redução de consumo – o decisor leva em consideração o grau de redução de consumo proporcionado pela implantação da alternativa, classificando-o como: ‘Muito baixo’, ‘Baixo’, ‘Médio’ ou ‘Alto’;

- viabilidade legal/política – o decisor verifica se há impedimentos legais à implantação da alternativa e se esta acarretaria problemas de ordem política na cidade, indicando se é ‘Inviável’, ‘Pouco viável’ ou ‘Viável’;

- aceitabilidade - o decisor avalia a alternativa, considerando o grau de aceitação popular que a mesma teria, se implementada, classificando-o como ‘Inaceitável’, ‘Baixo’, ‘Médio’ ou ‘Alto’.

Ao fim da avaliação criterial (onde mais de uma categoria em cada critério pode ser preenchida, atribuindo-se pesos de 1 a 10 ou de 0 a 1 – por exemplo, 2 – Pouco viável e 8 – Viável), cada alternativa também recebeu uma avaliação global do decisor, a qual indicava o grau da vontade do decisor em relação à implantação da alternativa, classificando-a como ‘Indesejável’, ‘Pouco desejável’, ‘Desejável’ ou ‘Extremamente desejável’.

As opiniões dos grupos foram validadas por um modelo desenvolvido por Braga (2001), fazendo uso de análise multicriterial (ou multiobjetivo) e dos conceitos da Lógica Difusa, fornecendo:

- as preferências relativas das alternativas para cada decisor, de acordo com cada critério de avaliação; e

- a preferência relativa de cada grupo de decisores considerando a avaliação global (todos os critérios) para cada alternativa.

A pesquisa foi realizada durante alguns meses do ano 2000, época em que a população de Campina Grande encontrava-se bastante consciente da gravidade da crise no abastecimento de água sofrida pela cidade.

Os conflitos simulados neste trabalho, consideram as informações obtidas na pesquisa de Braga (2001) para a cidade de Campina Grande – PB, descritas a seguir, e são situados (no tempo) no ano 2000, época da realização da pesquisa.

3.3.1 - Grupos Decisores

São quatro grupos, a saber:

- Grupo I – Poder Público:

- Federal – representado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

- Estadual – representado pela Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais (SEMARH).

- Municipal – representado pelas Secretarias de Educação; de Planejamento e Gestão; de Meio Ambiente; e de Infra-Estrutura.

- Grupo II – Usuário:

- Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA)

Obs.: No trabalho de Braga (2001), este grupo inclui também os representantes da indústria (FIEP). Tendo em vista algumas opiniões conflitantes entre os dois sub-grupos (conforme as preferências apresentadas na Tabela 3.5), neste trabalho o grupo foi desmembrado, passando a FIEP a constituir o Grupo III – Indústria.

- Grupo III – Indústria:

- Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP)

- Grupo IV – Sociedade Civil:

- Câmara Municipal de Campina Grande;

- União Campinense de Equipes Sociais (UCES) – entidade comunitária;

- Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH); Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES/PB); Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA/PB) – entidades técnico-científicas;

- Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas às Comunidades (PATAC) – organização não governamental;

- Clube de Diretores Lojistas de Campina Grande (CDL) – comércio;

- Ministério Público da Paraíba – Curadoria do Meio Ambiente de Campina Grande;

- Universidade Federal da Paraíba (UFPB); Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – instituições de ensino superior;

- SG Incorporação e Construção Ltda.; Sindicato da Indústria da Construção Civil da Paraíba (SINDUSCON) – indústria da construção civil.

Obs.: O Grupo IV deste trabalho corresponde ao Grupo III de Braga (2001).

3.3.2 - Alternativas de Gerenciamento da Demanda Urbana de Água

Na Tabela 3.4 estão discriminadas as alternativas de gerenciamento da demanda

urbana de água constantes em Braga (2001), a forma como são nomeadas como opções no GMCR e as adaptações efetuadas para utilização neste trabalho:

Tabela 3.4 – Alternativas x Opções.

Alternativa (Braga, 2001)	Opção no GMCR
Outorga dos direitos de uso da água	Outorga + Cobrança
Cobrança pelo uso da água	
Legislação que induza uso racional (medição individualizada)	Legislação + Medição
Medição individualizada em edifícios	
Controle de vazamentos – rede de abastecimento	Controle de vazamentos – rede de abastecimento
Controle de vazamentos - edificação	Controle de vazamentos – edificação
Sistemas de reuso de água - industrial	Reuso de água - industrial
Sistemas de reuso de água - residencial	Reuso de água – residencial
Tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente (10%)	Tarifação (10%)
Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento	Outorga + Cobrança + Tarifação (10%)
Programa de educação escolar ambiental	Educação ambiental
Vasos de descarga reduzida (6 l/descarga)	Vasos de descarga reduzida
Captação de água de chuva	Captação de água de chuva

As adaptações feitas para aplicação das alternativas no GMCR, resultam:

- da necessidade de reduzir o número de estados nos conflitos simulados com o uso do SAD GMCR, haja vista a limitação da quantidade de estados aceita pelo programa GMCRn (100 estados);

- da vinculação lógica, já demonstrada na prática pelas experiências de implantação de medidas de gerenciamento da demanda urbana de água, entre as alternativas que foram agregadas em uma única opção: a outorga do direito de uso da água tem sido normalmente instituída em conjunto com a cobrança pela água bruta retirada e a legislação que induza uso racional (medição individualizada) ou é causa ou consequência da medição individualizada em edifícios (por exemplo, o caso da medição individualizada na cidade de Recife – PE, que antecedeu a promulgação da lei que a tornou obrigatória (Tomaz, 2001)).

3.3.3 - Preferências

Em Braga (2001) é indicada a ordem de preferência das alternativas de gerenciamento de demanda para cada grupo e subgrupo considerado na pesquisa. Embora seja uma abordagem diferente daquela necessária à Análise de Conflitos, onde são considerados outros aspectos (como, por exemplo, a quem cabe a iniciativa ou sobre quem

incide o custo de adoção da alternativa) e onde são analisados os conflitos de opinião ou de interesses surgidos pela adoção de uma ou mais alternativas, os resultados obtidos em Braga (2001) constituem-se na base para atribuição de preferências na modelagem dos conflitos para o caso de estudo.

Para os grupos decisores, estes resultados encontram-se detalhados na Tabela 3.5, onde:

- G I refere-se ao Grupo I – Poder Público (mantido conforme Braga, 2001);
- G II indica a avaliação global dos representantes da CAGEPA (adaptado de Braga, 2001), os quais formam o Grupo II -- Usuário considerado neste trabalho;
- G III refere-se ao resultado da avaliação global dos representantes da FIEP (adaptado de Braga, 2001), os quais formam o Grupo III – Indústria considerado neste trabalho;
- G IV indica os resultados do Grupo IV – Sociedade Civil (Grupo III de Braga, 2001);
- os números acompanhados de asterisco (*) mostram que houve indicação da mesma ordem de preferência para várias alternativas, na avaliação global realizada por Braga (2001).

Tabela 3.5 – Ordenamento das preferências dos grupos (adaptado de Braga, 2001).

Alternativa	Preferência do			
	G I	G II	G III	G IV
Controle de vazamentos – rede de abastecimento	1	1*	1*	2
Legislação que induza uso racional (medição individualizada)	2	2*	3*	6
Outorga dos direitos de uso da água	3	1*	1*	5
Programa de educação ambiental escolar	4	1*	1*	1
Controle de vazamentos – edificação	5	1*	2*	4
Sistemas de reuso de água – industrial	6	2*	1*	3
Tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente	7	2*	4*	11
Vasos de descarga reduzida (6 l/descarga)	8	1*	2*	8
Captação de água de chuva	9	3*	1*	10
Medição individualizada em edifícios	10	2*	3*	7
Cobrança pelo uso da água	11	1*	2*	9
Sistemas de reuso de água – residencial	12	4*	3*	13
Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento	13	1*	4*	12

[G I – Grupo I – Poder Público; G II – Grupo II – Usuário; G III – Grupo III – Indústria; G IV – Grupo IV – Sociedade Civil; * - alternativas de mesma ordem de preferência]

Tendo em vista que os conflitos concebidos para simulação neste trabalho têm o seu foco na tomada de decisão do Grupo I – Poder Público, na Tabela 3.6 encontram-se

indicadas as preferências dos subgrupos que o formam, em uma adaptação – sem modificação – dos resultados de Braga (2001):

- Decisor – indica os subgrupos do Grupo I – Poder Público;
- Alternativa mais desejável – indica para o decisor, qual a alternativa que obteve a maior preferência;
- Alternativa menos desejável – indica a alternativa que obteve a menor preferência para o decisor;
- Critério de maior peso – indica qual dos cinco critérios considerados por Braga (2001) teve maior influência na definição das preferências do subgrupo;
- Critério de menor peso – indica qual dos cinco critérios considerados por Braga (2001) menos influenciou na definição das preferências do subgrupo.

As alternativas estão descritas de acordo com as adaptações indicadas na coluna ‘Opções do GMCR’ da Tabela 3.4.

Tabela 3.6 – Preferências do Grupo I – Poder Público (adaptado de Braga, 2001).

Decisor	Alternativa mais desejável	Alternativa menos desejável	Critério de maior peso	Critério de menor peso
DNOCS	- Controle de vazamentos - rede de abastecimento	Outorga + Cobrança + Tarifação (10%)	Aceitabilidade	Viabilidade técnica e operacional
SEMARH	- Tarifação (10%)	Captação de água de chuva	Viabilidade econômica	Viabilidade legal/política
Secretaria de Educação	- Controle de vazamentos – edificações - Legislação + medição	Outorga + Cobrança + Tarifação (10%)	Aceitabilidade	Viabilidade econômica
Secretaria de Planejamento e Gestão	- Reuso industrial - Controle de vazamentos - rede de abastecimento - Educação ambiental	Reuso residencial	Aceitabilidade	Viabilidade legal/política
Secretaria de Meio Ambiente	- Reuso industrial - Controle de vazamentos - rede de abastecimento, - Educação ambiental	Outorga + Cobrança + Tarifação (10%)	Viabilidade técnica e operacional	Viabilidade legal/política
Secretaria de Infra-Estrutura	- Controle de vazamentos - rede de abastecimento - Controle de vazamentos – edificações - Legislação + medição	Vasos de descarga reduzida	Aceitabilidade	Viabilidade técnica e operacional

3.4 – Concepção dos Conflitos a Serem Simulados

Considerando os dados reais da pesquisa de Braga (2001), o GMCR foi aplicado para modelar três conflitos simulados, de forma a verificar a viabilidade de sua utilização como ferramenta de apoio à decisão em processos de seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água.

Os conflitos simulados, descritos a seguir, tiveram o seu foco na atuação do Poder Público pelas seguintes razões:

- é o decisor com maior poder de iniciativa, em termos de que as suas ações têm um reflexo imediato sobre os demais decisores, enquanto que a recíproca nem sempre é verdadeira (por exemplo, a instituição da 'cobrança + outorga' incide em custos para a concessionária e/ou para a sociedade como um todo, enquanto a troca de válvulas de descarga por vasos de descarga reduzida, como iniciativa isolada de membros da sociedade, embora reflita em custos para esses membros e em redução de consumo para a sociedade como um todo, não tem reflexo direto sobre o Poder Público);

- a aplicação do GMCR para indicar soluções às divergências de opinião de um grupo é feita da mesma forma para todos os grupos, diferindo apenas em valores dos parâmetros, tais como número de jogadores ou número de opções. Tendo em vista que o grupo Poder Público tem um número médio de membros e de opções de sua iniciativa exclusiva, pode ser considerado representativo para os objetivos em vista;

- experiências de adoção de medidas de gerenciamento da demanda urbana de água (British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks, 1999; Regional Municipality of Waterloo, 2000; National Research Council, 1995) indicam que os vários segmentos da sociedade tendem a seguir as diretrizes apontadas pelo Poder Público, seja pela instituição de leis, pela autorização de aumentos de tarifa ou pela implantação de programas de incentivos (educacionais ou econômicos) para a redução do consumo de água.

Na concepção dos conflitos a serem simulados, três condições específicas foram abordadas, de maneira a permitir uma melhor avaliação do comportamento do GMCR:

- Conflito de opiniões no Grupo I – Poder Público – para verificar a possibilidade de ser encontrada uma solução de consenso dentro de um mesmo grupo de decisores. É

considerada a situação do Grupo I, tendo em vista as divergências de opinião encontradas entre os seus membros;

- Conflito de aceitabilidade das opções do Poder Público – simulando a situação em que um grupo decisor utiliza o modelo para definir cursos de ação que implicam na interação com outros grupos decisores, considerando todas as alternativas de sua competência exclusiva e independentemente de suas próprias preferências;

- Conflito de interesses na adoção de medidas pelo Poder Público – onde as alternativas, de caráter econômico, contam com baixa ou média preferência da maioria dos grupos decisores, mas têm maior efetividade na redução do consumo de água. O conflito é simulado com o objetivo de verificar quais as combinações dessas alternativas que podem se constituir em solução de consenso.

Os três tipos de conflito estão descritos mais detalhadamente a seguir.

3.4.1 – Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público

A observação da Tabela 3.6, que aponta as alternativas mais e menos desejáveis para os subgrupos do Grupo I – Poder Público, mostra que, embora haja alternativas que têm uma maior preferência por parte de um número expressivo de subgrupos, não pode ser apontada uma alternativa de consenso do grupo. A divergência constatada fica aprofundada pelo fato de que a alternativa mais desejável para um dos membros (por exemplo, a Tarifação (10%)) corresponde à alternativa menos desejável para 50% (cinquenta por cento) do grupo e tem uma aceitação abaixo da média (7º lugar entre 13 alternativas, conforme Tabela 3.5) para o resultado do grupo como um todo.

Esse conflito de opiniões é modelado no GMCR, com o objetivo de encontrar soluções de equilíbrio que permitam ao Grupo I – Poder Público definir quais as alternativas de gerenciamento da demanda que podem ser adotadas, mantendo a unidade do grupo.

3.4.2 – Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público

Dentre as treze alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água consideradas em Braga (2001), algumas são de iniciativa exclusiva do Grupo I – Poder Público, a saber: Legislação que induza o uso racional (medição individualizada),

Programa de educação ambiental escolar, Tarifação que estimule o uso eficiente, Outorga dos direitos de uso da água, Cobrança pelo uso da água e Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento. Da Tabela 3.5, pode ser verificada a ausência de consenso entre os quatro grupos, aqui considerados, com relação às preferências atribuídas a essas alternativas, conforme mostrado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Preferências dos grupos para as alternativas do Grupo I – Poder Público.

Alternativa de Iniciativa do Grupo I – Poder Público	Preferência do			
	G I	G II	G III	G IV
Legislação que induza uso racional (medição individualizada)	2	2*	3	6
Outorga dos direitos de uso da água	3	1*	1*	5
Programa de educação ambiental escolar	4	1*	1*	1
Tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente	7	2*	4*	11
Cobrança pelo uso da água	11	1*	2	9
Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento	13	1*	4*	12

[G I – Grupo I – Poder Público; G II – Grupo II– Usuario; G III – Grupo III – Indústria; G IV – Grupo IV – Sociedade Civil; * - alternativas com mesma preferência de outra(s) alternativa(s)]

O conflito simulado com base nestas informações considera que o Grupo I – Poder Público precisa verificar quais as alternativas, dentre as de sua iniciativa exclusiva, que podem ser adotadas sem um custo político excessivo, isto é, com aceitabilidade por parte dos outros grupos.

3.4.3 - Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público

Da mesma forma que entre as alternativas contempladas em Braga (2001) existem aquelas que são de competência do Grupo I - Poder Público, há aquelas que dependem da iniciativa dos outros três grupos de decisores. No uso de suas atribuições, o Poder Público pode utilizar ferramentas econômicas para induzir os demais grupos a adotarem as suas respectivas opções.

As alternativas de cada decisor estão indicadas na Tabela 3.8, apresentada na página seguinte, onde:

- Grupo Decisor – indica o grupo para o qual serão indicadas as alternativas;
- Alternativa – indica as alternativas de iniciativa de cada grupo. Para o Grupo I – Poder Público, estão indicadas apenas as alternativas de caráter econômico;

- Preferência Relativa – indica a ordem de preferência relativa da alternativa entre as 13 alternativas consideradas por Braga (2001), seguida da ordem de preferência relativa da alternativa entre o total de alternativas de iniciativa do decisor (por exemplo, ‘3/13 => 2/6’ significa que a alternativa tem preferência 3 entre as 13 consideradas por Braga (2001) e é a segunda mais preferida entre aquelas de iniciativa do decisor). O asterisco (*) indica que as alternativas têm a mesma ordem de preferência relativa para o decisor. Para o Grupo I – Poder Público, embora estejam apresentadas quatro alternativas (de caráter econômico), a preferência relativa das alternativas próprias refere-se ao total de seis alternativas de iniciativa deste grupo decisor.

É importante observar que na simulação do conflito não foram consideradas todas as alternativas constantes da Tabela 3.8, em função de que:

- para o Grupo I – Poder Público, na combinação de seleção das opções para formação dos estados, pode-se simular a alternativa ‘Outorga + Cobrança + Tarifação (10%)’, sem que haja necessidade desta alternativa constar como uma opção à parte para este decisor;

- para os demais grupos decisores, foi escolhida a alternativa de sua iniciativa exclusiva que tivesse a maior ordem de preferência relativa. Tais alternativas estão apresentadas em negrito na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Alternativas e ordem de preferência por grupo decisor.

Grupo Decisor	Alternativa	Preferência Relativa
Grupo I – Poder Público	Outorga	3/13 => 2/6
	Tarifação (10%)	7/13 => 4/6
	Cobrança	11/13 => 5/6
	Outorga + Cobrança + Tarifação (10%)	13/13 => 6/6
Grupo II - Usuário	Controle de vazamentos – rede de abastecimento	1/13 => 1/2 *
	Controle de vazamentos - edificações	1/13 => 1/2 *
Grupo III - Indústria	Reuso de água - industrial	1/13 => 1/3 *
	Captação de água de chuva	1/13 => 1/3 *
	Controle de vazamentos - edificações	2/13 => 2/3
Grupo IV – Sociedade Civil	Controle de vazamentos - edificações	4/13 => 1/5
	Medição individualizada em edifícios	7/13 => 2/5
	Vasos de descarga reduzida (6 l/descarga)	8/13 => 3/5
	Captação de água de chuva	10/13 => 4/5
	Reuso de água - residencial	13/13 => 5/5

[Alternativa – de iniciativa do grupo decisor (para o Grupo I, estão indicadas apenas as de caráter econômico); Preferência relativa – em relação às 13 alternativas de Braga (2001) e em relação ao total de alternativas de iniciativa do grupo decisor; * - iniciativas com mesma preferência relativa; Alternativa em negrito – considerada na simulação do conflito]

Tendo em vista as diferenças de preferências e de incidência de custos de cada alternativa, o conflito é modelado com o objetivo de:

- indicar ao Poder Público a vantagem política de repassar os custos de uma dada alternativa para um ou outro segmento da sociedade; e

- verificar o tipo de comportamento a ser adotado pelos outros jogadores, em função das decisões do Poder Público, nos equilíbrios que possam ser apontados pelo GMCR.

4. SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta as simulações dos três conflitos descritos no item 3.4, feitas com a utilização do SAD GMCR. Em cada simulação, foi obedecida a estrutura de aplicação do GMCR, conforme indicada na Figura 3.1, sendo executada a seqüência de atividades discriminada a seguir:

- definição do conflito;
- definição dos jogadores e suas opções;
- definição dos estados factíveis do conflito;
- definição das listas de alcance dos jogadores;
- definição dos vetores de preferências dos jogadores;
- identificação dos equilíbrios do conflito;
- análise de sensibilidade;
- análise dos resultados; e
- informações para apoio à tomada de decisão.

4.1 – Simulação do Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público

O Poder Público, devendo negociar com os demais grupos decisores a implantação de medidas que propiciem a redução do consumo de água na cidade de Campina Grande e

estando ciente das divergências de opinião entre os seus próprios membros, necessita verificar quais as seleções de alternativas que se constituem em soluções para essas divergências, permitindo um posicionamento unânime do grupo quando das negociações a serem encetadas. O *status quo*, ou situação inicial do conflito simulado, é a situação real em que nenhuma das alternativas está selecionada para adoção na cidade.

4.1.1 – Definição dos jogadores e suas opções

O conflito é modelado considerando cada subgrupo como um jogador; a opção de cada jogador é escolhida de forma a que todas as alternativas mais desejáveis (Tabela 3.6) estejam representadas no conflito. O fato de alguns jogadores terem mais de uma alternativa mais desejável é tratado no momento da atribuição das preferências dos jogadores aos estados do conflito.

Embora o GMCR possa modelar conflitos com qualquer número finito de jogadores e opções, o SAD GMCR impõe limitações que devem ser atendidas. Assim, para um jogo de n jogadores ($n > 2$), o software admite, no máximo, 5 (cinco) jogadores no conflito.

Para contornar essa limitação sem prejudicar a representatividade do modelo, foram consideradas as coincidências de preferências dos subgrupos Secretaria de Educação e Secretaria de Infra-Estrutura em relação às alternativas mais desejáveis. Desta forma, o jogador 3 (J3) representa essas duas secretarias e tem duas opções, enquanto os demais jogadores têm uma única opção.

A Tabela 4.1 apresenta os jogadores e suas respectivas opções, conforme definidos para a simulação do conflito.

Tabela 4.1 – Jogadores e Opções (Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público)

Jogador (J)	Opção (m)
DNOCS (J1)	1 - Controle de vazamentos - rede de abastecimento
SEMARH (J2)	2 - Tarifação (10%)
Secretaria de Educação + Secretaria de Infra-Estrutura (J3)	3 - Legislação + Medição 4 - Controle de vazamentos - edificações
Secretaria de Planejamento e Gestão (J4)	5 - Reuso industrial
Secretaria de Meio Ambiente (J5)	6 - Educação ambiental

[Jogador (J) – nome e número do decisor; Opção (m) – número e descrição da opção]

4.1.2 – Definição dos estados factíveis do conflito

Cada uma das seis opções pode ou não ser seleccionada, de forma que o número de estados possíveis é igual a 64 (2^6).

Considerando que não foram estabelecidas restrições ao número de opções seleccionadas em conjunto e que não há impossibilidade lógica em qualquer combinação de opções seleccionadas, todos os 64 estados foram considerados factíveis.

A Tabela 4.2, na página seguinte, mostra os estados factíveis do conflito, sendo que:

- Jog indica o número do jogador i , conforme definido na Tabela 4.1 ($i = 1$ a 5);
- Opç indica o número da opção m , conforme definido na Tabela 4.1 ($m = 1$ a 6);
- os números de 1 a 64 indicam os estados do conflito, constituídos pela combinação de S (opção seleccionada) e N (opção não seleccionada). Cada combinação é apresentada na coluna com o número do estado respectivo, sendo lida de cima para baixo. Por exemplo:

- o estado 1, referente ao *status quo*, é representado por (NNNNNN), indicando que nenhuma das opções dos jogadores está seleccionada;

- o estado 9 é representado por (SNSNNN). Como a posição das letras dentro dos parênteses está relacionada ao número das opções, para este estado essa representação indica que as opções 1 e 3 estão seleccionadas para adoção e as opções 2, 4, 5 e 6 não estão seleccionadas.

Tabela 4.2 – Estados factíveis do conflito (de Opiniões no Grupo I -Poder Público).

Jog	Opç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	N	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S
2	2	N	N	S	N	N	N	N	S	N	N	N	N
3	3	N	N	N	S	N	N	N	N	S	N	N	N
	4	N	N	N	N	S	N	N	N	N	S	N	N
4	5	N	N	N	N	N	S	N	N	N	N	S	N
5	6	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	N	S
Jog	Opç	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S
2	2	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S
3	3	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	N
	4	N	S	N	N	S	N	N	S	S	N	N	S
4	5	N	N	S	N	N	S	N	S	N	S	N	N
5	6	N	N	N	S	N	N	S	N	S	S	N	N

Continua

Tabela 4.2 – Estados factíveis do conflito (de Opiniões no Grupo I – Poder Público)
- Continuação.

Jog	Opç	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	1	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N
2	2	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N
3	3	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S
	4	N	N	S	N	N	S	S	N	S	N	N	S
4	5	S	N	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
5	6	N	S	N	N	S	N	S	S	N	N	S	N
Jog	Opç	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	1	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S
2	2	N	N	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S
3	3	S	N	N	N	N	S	S	S	S	N	N	N
	4	S	S	S	S	N	N	S	N	N	S	S	N
4	5	N	S	S	N	S	S	N	S	N	S	N	S
5	6	S	S	N	S	S	S	N	N	S	N	S	S
Jog	Opç	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	1	S	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S	S
2	2	N	N	N	N	S	S	S	S	N	S	S	S
3	3	S	S	S	N	S	S	S	N	S	S	S	S
	4	S	S	N	S	S	S	N	S	S	S	S	N
4	5	S	N	S	S	S	N	S	S	S	S	N	S
5	6	N	S	S	S	N	S	S	S	S	N	S	S
Jog	Opç	61	62	63	64								
1	1	S	S	N	S								
2	2	S	N	S	S								
3	3	N	S	S	S								
	4	S	S	S	S								
4	5	S	S	S	S								
5	6	S	S	S	S								

Jog = Jogador i ($i = 1$ a 5); Opç = 1 a 6; S = opção seleccionada;
N = opção não seleccionada; 1 a 64 = estados do conflito

4.1.3 – Definição das listas de alcance dos jogadores

As listas de alcance definem os movimentos unilaterais de cada jogador para ir de um estado a outro(s). A Tabela 4.3 mostra as listas de alcance dos jogadores:

- Do estado k – indica o estado k ($k = 1$ a 64) a partir do qual o movimento é feito;
- $S_i(k)$ – lista de alcance do jogador i ($i = 1$ a 5), representada pelas células da coluna respectiva, indica o(s) estado(s) que pode(m) ser alcançados, em um movimento unilateral do jogador i , a partir do estado k . Exemplo:

A lista de alcance do jogador 1 (J1) para os estados de 1 a 5, é representada por $S_1(k) = (2, 1, 8, 9, 10, \dots)$, indicando que:

- do estado 1, J1 pode ir para o estado 2;
- do estado 2, J1 pode ir para o estado 1;
- do estado 3, J1 pode ir para o estado 8;

- do estado 4, J1 pode ir para o estado 9;
- do estado 5, J1 pode ir para o estado 10; e assim por diante.

Para um dado estado k , a linha da tabela indica quais os estados que podem ser alcançados por cada jogador. Por exemplo: do estado 1, J1 pode ir para o estado 2; J2 para o estado 3; J3 para os estados 4, 5 e 17; J4 para o estado 6; e J5 para o estado 7.

Tabela 4.3 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Opiniões no Grupo I).

Do estado	$S_1(k)$	$S_2(k)$	$S_3(k)$	$S_4(k)$	$S_5(k)$
1	2	3	4, 5, 17	6	7
2	1	8	9, 10, 27	11	12
3	8	1	13, 14, 33	15	16
4	9	13	1, 5, 17	18	19
5	10	14	1, 4, 17	20	21
6	11	15	18, 20, 36	1	22
7	12	16	19, 21, 37	22	1
8	3	2	23, 24, 43	25	26
9	4	23	2, 10, 27	28	29
10	5	24	2, 9, 27	30	31
11	6	25	28, 30, 49	2	32
12	7	26	29, 31, 50	32	2
13	23	4	3, 14, 33	34	35
14	24	5	3, 13, 33	39	40
15	25	6	34, 39, 53	3	41
16	26	7	35, 40, 54	41	3
17	27	33	1, 4, 5	36	37
18	28	34	6, 20, 36	4	42
19	29	35	7, 21, 37	42	4
20	30	39	6, 18, 36	5	38
21	31	40	7, 19, 37	38	5
22	32	41	38, 42, 57	7	6
23	13	9	8, 24, 43	44	45
24	14	10	8, 23, 43	46	47
25	15	11	44, 46, 58	8	48
26	16	12	45, 47, 59	48	8
27	17	43	2, 9, 10	49	50
28	18	44	11, 30, 49	9	51
29	19	45	12, 31, 50	51	9
30	20	46	11, 28, 49	10	52
31	21	47	12, 29, 50	52	10
32	22	48	51, 52, 62	12	11
33	43	17	3, 13, 14	53	54
34	44	18	15, 39, 53	13	55
35	45	19	16, 40, 54	55	13
36	49	53	6, 18, 20	17	57
37	50	54	7, 19, 21	57	17
38	52	56	22, 42, 57	21	20
39	46	20	15, 34, 53	14	56
40	47	21	16, 35, 54	56	14
41	48	22	55, 56, 63	16	15

Continua

Tabela 4.3 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Opiniões no Grupo I)
- Continuação.

Do estado	S ₁ (k)	S ₂ (k)	S ₃ (k)	S ₄ (k)	S ₅ (k)
42	51	55	22, 38, 57	19	18
43	33	27	8, 23, 24	58	59
44	34	28	25, 46, 58	23	60
45	35	29	26, 47, 59	60	23
46	39	30	25, 44, 58	24	61
47	40	31	26, 45, 59	61	24
48	41	32	60, 61, 64	26	25
49	36	58	11, 28, 30	27	62
50	37	59	12, 29, 31	62	27
51	42	60	32, 52, 62	29	28
52	38	61	32, 51, 62	31	30
53	58	36	15, 34, 39	33	63
54	59	37	16, 35, 40	63	33
55	60	42	41, 56, 63	35	34
56	61	38	41, 55, 63	40	39
57	62	63	22, 38, 42	37	36
58	53	49	25, 44, 46	43	64
59	54	50	26, 45, 47	64	43
60	55	51	48, 61, 64	45	44
61	56	52	48, 60, 64	47	46
62	57	64	32, 51, 52	50	49
63	64	57	41, 55, 56	54	53
64	63	62	48, 60, 61	59	58

[Do estado = número do estado k (k = 1 a 64) a partir do qual o movimento é feito;
S₁(k), S₂(k), S₃(k), S₄(k) e S₅(k) = estado(s) alcançado(s) pelo jogador i (i = 1 a 5)
a partir de k]

4.1.4 – Definição dos vetores de preferências dos jogadores

Com base na Tabela 3.6 – Preferências do Grupo I – Poder Público (adaptado de Braga, 2001), o vetor de preferências de cada jogador foi definido da seguinte maneira:

J1 (DNOCS) => os estados de maior preferência são aqueles em que é selecionada a opção 1; em seguida, em uma faixa de baixa preferência, aqueles em que as demais opções (exceto a opção 2) estão selecionadas. A menor preferência é para o *status quo* e para os estados em que a opção 2 é selecionada, independentemente das demais opções estarem ou não selecionadas (numa indicação da não aceitação da opção 2 por J1).

J2 (SEMARH) => como a alternativa menos desejável para J2 não está entre as que foram selecionadas para a tomada de decisão, considera-se que J2 aceita as demais opções mas dá maior preferência aos estados em que a opção 2 está selecionada em conjunto com a opção 1 (a qual J2 considera uma quase consequência da opção 2), seguidos daqueles em que a opção 2 está selecionada com uma ou mais das outras opções. Numa faixa intermediária de preferência estão os estados em que duas ou mais das demais opções estão

selecionadas, embora a opção 2 não esteja e numa faixa mais baixa de preferência encontram-se os estados em que apenas uma opção (que não a opção 2) está selecionada. O estado menos preferido é o *status quo*.

J3 (Secretarias de Educação e de Infra-Estrutura) => aceita a opção 2 mas dá baixa preferência para os estados em que a mesma está selecionada. A maior preferência é dada aos estados em que as opções 3 e 4 estão selecionadas, seguidos daqueles em que uma dessas opções está selecionada em conjunto com uma ou mais das demais opções (exceto a opção 2). Em faixas intermediárias de preferência encontram-se os estados em que as opções 3 e 4 não estão selecionadas. O *status quo* é o menos preferido.

J4 (Secretaria de Planejamento e Gestão) => a maior preferência é para os estados em que as opções 1, 5 e 6 estão selecionadas. Em uma faixa intermediária encontram-se os estados em que só as opções 3 e 4 estão selecionadas. Como a sua alternativa menos desejável não se encontra entre as escolhidas para a tomada de decisão, há aceitação da opção 2 por parte de J4, mas como o critério de maior influência para suas preferências foi a aceitabilidade, os estados em que essa opção aparece (mesmo em conjunto com as opções 1, 4 e 5) constituem uma faixa de baixa preferência. Finalmente, na menor preferência, está o *status quo*.

J5 (Secretaria de Meio Ambiente) => como para J4, a maior preferência é para os estados em que as opções 1, 5 e 6 estão selecionadas. Entretanto, não aceita a opção 2, colocando os estados em que a mesma está selecionada na faixa mais baixa de preferência, juntamente com o *status quo*. Na faixa intermediária estão os estados em que as opções 3 e 4 estão selecionadas.

Os vetores de preferências dos jogadores estão indicados na Tabela 4.4, onde:

- k => indica o número do estado do conflito ($k = 1$ a 64);
- $P_i(k)$ é a linha que indica a preferência do jogador i ($i = 1$ a 5) para o estado k .

Por exemplo, $P_1(k) = (5, 64, 1, 60, \dots)$, significando que:

$P_1(1) = 5$, $P_1(2) = 64$, $P_1(3) = 1$, $P_1(4) = 60$, e assim por diante.

Observando-se por coluna, tem-se a preferência de cada jogador para o estado.

Exemplificando, para o estado 1:

$P_1(1) = 5$, $P_2(1) = 1$, $P_3(1) = 1$, $P_4(1) = 1$ e $P_5(1) = 1$.

Tabela 4.4 – Vetores de preferências dos jogadores (Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público).

k =>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P1(k)	5	64	1	60	60	60	60	1	63	63	63	63
P2(k)	1	60	64	60	60	60	60	64	60	60	60	60
P3(k)	1	64	1	64	64	40	40	1	64	64	50	50
P4(k)	1	60	10	10	10	60	60	10	60	60	62	62
P5(k)	1	64	1	5	5	64	64	1	64	64	64	64
k =>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P1(k)	1	1	1	1	60	60	60	60	60	60	1	1
P2(k)	63	63	63	63	60	60	60	60	60	60	64	64
P3(k)	1	1	1	1	64	60	60	60	60	40	1	1
P4(k)	10	10	10	10	10	60	60	60	60	60	10	10
P5(k)	1	1	1	1	5	64	64	64	64	64	1	1
k =>	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
P1(k)	1	1	63	63	63	63	63	63	1	1	1	1
P2(k)	64	64	60	60	60	60	60	60	63	63	63	60
P3(k)	1	1	64	64	64	64	64	50	1	1	1	64
P4(k)	10	10	60	62	62	62	62	64	10	10	10	60
P5(k)	1	1	64	64	64	64	64	64	1	1	1	64
k =>	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
P1(k)	60	60	1	1	1	60	1	1	1	1	1	1
P2(k)	60	60	63	63	63	60	64	64	64	64	64	64
P3(k)	64	60	1	1	1	60	1	1	1	1	1	1
P4(k)	60	62	10	10	10	62	10	10	10	10	10	10
P5(k)	64	64	1	1	1	64	1	1	1	1	1	1
k =>	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
P1(k)	63	63	63	63	1	1	1	1	60	1	1	1
P2(k)	60	60	60	60	63	63	63	63	60	64	64	64
P3(k)	64	64	60	60	1	1	1	1	64	1	1	1
P4(k)	62	62	64	64	10	10	10	10	62	10	10	10
P5(k)	64	64	64	64	1	1	1	1	64	1	1	1
k =>	61	62	63	64								
P1(k)	1	63	1	1								
P2(k)	64	60	63	64								
P3(k)	1	64	1	1								
P4(k)	10	64	10	10								
P5(k)	1	64	1	1								

[k = número do estado (k = 1 a 64); P_i(k) = preferência do jogador i (i = 1 a 5) para o estado k]

Observa-se, portanto, que aqueles jogadores que apresentam mais de uma 'alternativa mais desejável' têm essa sua escolha representada no modelo através da maior preferência para os estados em que essas outras alternativas mais desejáveis encontram-se selecionadas, o que implica em que seja modelado um tipo de 'cooperação' entre alguns dos jogadores.

É importante enfatizar que quaisquer considerações feitas para a definição dos vetores de preferências dos jogadores (caso, por exemplo, de considerar que J2 aceita as demais opções, em função da sua alternativa menos desejável não se encontrar entre

aquelas selecionadas para a tomada de decisão), que poderiam direcionar o conflito para uma ou outra solução, são neutralizadas quando da realização da análise de sensibilidade.

4.1.5 – Identificação dos equilíbrios do conflito

A identificação dos equilíbrios do conflito é feita a partir da análise de estabilidades individuais, onde a estabilidade de cada estado é calculada, para cada jogador, de acordo com os critérios de estabilidade considerados no GMCR, a saber: R - Racional (Nash); GMR – Meta-Racional Geral; SMR – Meta-Racional Simétrica; SEQ – Seqüencial; L(h) – Movimento Limitado; NM – Não Miope.

Os equilíbrios encontrados estão indicados na Tabela 4.5, onde:

- Opç – indica o número da opção m (m = 1 a 6), conforme definido na Tabela 4.1;
- Equilíbrios – indica os números e as combinações de seleção de opções que definem os estados do conflito que se mostraram estáveis para todos os jogadores.

Importante salientar que todos os equilíbrios apresentados satisfazem a todos os critérios de estabilidade citados acima.

Tabela 4.5 – Equilíbrios do conflito (de Opiniões no Grupo I – Poder Público).

Opç	Equilíbrios												
	3	8	13	14	23	24	33	34	35	39	40	43	44
1	N	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	S	S
2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3	N	N	S	N	S	N	S	S	S	N	N	S	S
4	N	N	N	S	N	S	S	N	N	S	S	S	N
5	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	N	S
6	N	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	N
Opç	Equilíbrios												
	45	46	47	53	54	55	56	58	59	60	61	63	64
1	S	S	S	N	N	N	N	S	S	S	S	N	S
2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3	S	N	N	S	S	S	N	S	S	S	N	S	S
4	N	S	S	S	S	N	S	S	N	N	S	S	S
5	N	S	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S
6	S	N	S	N	S	S	S	N	S	S	S	S	S

[Opç – número da opção (1 – Controle de vazamentos – rede; 2 – Tarifação; 3 – Legislação + Medição; 4 – Controle de vazamentos – edificações; 5 – Reuso industrial; 6 – Educação ambiental); Equilíbrios – indica o número e a combinação de opções selecionadas que definem os estados que são equilíbrios]

Para ilustrar a execução desta etapa de aplicação do GMCR, considere-se que o conflito tenha se movido para o estado 13 (NSSNNN), e verifiquem-se os movimentos unilaterais possíveis para cada jogador a partir deste estado, calculando a estabilidade de Nash:

- o DNOCS (J1) pode sair do estado 13 (NSSNNN) para o estado 23 (SSSNNN), que é um estado com a mesma preferência do estado 13 para este jogador. Da definição da Estabilidade de Nash, verifica-se que o estado é Nash estável quando não há melhoramento unilateral possível para os movimentos permitidos a partir dele. Portanto, como o movimento unilateral de J1 do estado 13 para o estado 23 não se constitui em melhoramento unilateral para J1, o estado 13 é Nash estável para J1;

- a SEMARH (J2) pode mover unilateralmente o conflito do estado 13 (NSSNNN) para o estado 4 (NNSNNN), mas $P_2(13) = 63$ e $P_2(4) = 60$. Logo, o movimento não é um melhoramento unilateral para J2, implicando em que o estado 13 é Nash estável para J2;

- as Secretarias de Educação e de Infra-Estrutura (J3) podem mover o conflito do estado 13 (NSSNNN) para os estados 3 (NSNNNN), 14 (NSNSNN) e 33 (NSSSNN), com preferências $P_3(3) = P_3(13) = P_3(14) = P_3(33) = 1$. Assim, não há melhoramento unilateral para J3 a partir do estado 13, o que torna este estado Nash estável para J3;

- a Secretaria de Planejamento e Gestão (J4) pode mover o conflito do estado 13 (NSSNNN) para o estado 34 (NSSNSN), sendo $P_4(13) = P_4(34) = 10$, implicando em que o estado 13 é Nash estável para J4;

- a Secretaria de Meio Ambiente (J5) pode mover o conflito do estado 13 (NSSNNN) para o estado 35 (NSSNNS), com preferências $P_5(13) = P_5(35) = 1$, o que torna o estado 13 Nash estável para J5.

Sendo o estado 13 Nash estável para todos os jogadores, então se constitui em um equilíbrio para o conflito, de acordo com o critério de estabilidade de Nash.

Este mesmo procedimento é adotado para calcular a estabilidade de Nash de todos os estados do conflito, considerando os movimentos e melhoramentos unilaterais de cada jogador a partir de cada um dos estados.

O cálculo das estabilidades individuais para os demais critérios de estabilidade do GMCR, pode ser facilmente compreendido a partir das definições apresentadas no Capítulo 3 – Metodologia e considerando-se as listas de alcance e de melhoramentos unilaterais de cada jogador, a partir de cada estado do conflito. Além disso, o Anexo 1 – Ilustração da Aplicação do GMCR provê um maior esclarecimento da seqüência de cálculos.

4.1.6 – Análise de sensibilidade

Tendo em vista que não havia motivos para considerar qualquer falha de percepção em relação aos jogadores envolvidos (todos os níveis do Poder Público encontram-se representados no grupo, o qual é constituído por representantes de todas as áreas diretamente envolvidas com a tomada de decisão para o problema da redução de consumo em Campina Grande – PB) e suas opções (foram modeladas todas as alternativas mais desejáveis de todos os decisores), a análise de sensibilidade foi feita com a intenção de verificar se os equilíbrios encontrados se manteriam com mudanças nos vetores de preferências dos jogadores.

Neste sentido, considerando que as informações de preferências, no modelo original, foram atribuídas com base nas alternativas mais e menos desejáveis de cada decisor e que, no processo de atribuição dessas preferências, foram feitas considerações em relação à rejeição/aceitação dos jogadores a algumas das opções dos demais, o conflito foi modelado de maneira a neutralizar tais considerações, atendendo às seguintes situações:

a) cada jogador no conflito tem o intuito de defender exclusivamente a sua própria opção, isto é, adotando a preferência mais baixa (1) para todos os estados em que a sua própria opção não esteja selecionada – tal modelagem tem o intuito de neutralizar quaisquer considerações feitas a respeito de todos os jogadores;

b) foram mantidos os vetores de preferências dos jogadores J1 (DNOCS) e J2 (SEMARH) definidos no modelo original e alterados os vetores de preferências dos demais jogadores como descrito em (a) – esta nova modelagem tem por objetivo verificar se são válidas as considerações feitas para J1 e J2 e neutralizar aquelas atribuídas aos demais jogadores;

c) foram mantidos os vetores de preferências dos jogadores J1 (DNOCS), J2 (SEMARH), J3 (Secretarias de Educação e de Infra-Estrutura) e J5 (Secretaria de Meio Ambiente) definidos no modelo original e alterado o vetor de preferências do jogador J4 (Secretaria de Planejamento e Gestão) como descrito em (a) – tal modelagem objetiva neutralizar as considerações feitas para J4, em virtude de sua alternativa menos desejável não constar entre aquelas selecionadas para a tomada de decisão.

O resultado dessa análise de sensibilidade foi a manutenção (em todas as simulações) dos equilíbrios encontrados no modelo original.

4.1.7 – Análise dos resultados

Os equilíbrios encontrados pelo GMCR para este conflito, separados pela quantidade de opções selecionadas, estão apresentados na Tabela 4.6, onde:

- Opç – indica o número da opção; e
- Equilíbrio com seleção de x opções - indica os equilíbrios com 2, 3, 4, 5 ou 6 opções selecionadas; nas células, ‘S’ indica que a opção está selecionada no equilíbrio e ‘-’ que a opção não está selecionada no equilíbrio considerado.

Tabela 4.6 – Equilíbrios x Quantidade de opções selecionadas.

Opç	Equilíbrio com seleção de x opções																									
	1		2				3						4						5				6			
1	-	S	-	-	S	S	-	-	-	-	-	S	S	S	S	S	-	-	-	-	S	S	S	S	-	S
2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3	-	-	S	-	S	-	S	S	S	-	-	S	S	S	-	-	S	S	S	-	S	S	S	-	S	S
4	-	-	-	S	-	S	S	-	-	S	S	S	-	-	S	S	S	S	-	S	S	S	-	S	S	S
5	-	-	-	-	-	-	-	S	-	S	-	-	S	-	S	-	S	-	S	S	S	-	S	S	S	S
6	-	-	-	-	-	-	-	-	S	-	S	-	-	S	-	S	-	S	S	S	-	S	S	S	S	S

[Op – nº da opção (1 – Controle de vazamentos – rede; 2 – Tarifação (10%); 3 – Legislação + Medição; 4 – Controle de vazamentos – edificações; 5 – Reuso industrial; 6 – Educação ambiental); x – quantidade de opções selecionadas (x = 1 a 6); ‘S’ – opção selecionada; ‘-’ – opção não selecionada]

O fato de todos os equilíbrios apontados para o modelo terem a opção 2 – Tarifação (10%) selecionada, demonstra que o GMCR consegue detectar que o conflito entre os jogadores diz respeito à seleção desta alternativa.

Em relação às opções selecionadas nos vários equilíbrios, pode-se inferir que:

- apenas a opção 2 – Tarifação (10%) constitui-se, por si só, em solução de equilíbrio para o grupo (estado 3) – enfatizando que o modelo detecta qual o conflito entre os jogadores;
- podem ser conseguidas situações de equilíbrio com a adoção de uma opção (estado 3) ou com a adoção simultânea de duas, três, quatro, cinco ou seis opções;
- as opções 3 (Legislação + Medição) e/ou 4 (Controle de vazamentos – edificações) aparecem num total de dezesseis dos equilíbrios, cada uma, indicando uma certa precedência sobre as opções 1 (Controle de vazamentos – rede de abastecimento), 5 (Reuso industrial) e 6 (Educação ambiental), que aparecem em 13, 12 e 12 equilíbrios, respectivamente.

- considerando os equilíbrios com 3 opções selecionadas, verifica-se que, no caso de seleção das opções 1 e 2, a terceira opção ou é a opção 3 ou a opção 4, não havendo nenhum equilíbrio com as opções 1/2/5 ou 1/2/6;

- essa precedência das opções 3 e 4 em relação às opções 5 e 6 repete-se nos equilíbrios com 4 opções selecionadas, onde encontram-se as combinações 1/2/3/4, 1/2/3/5, 1/2/3/6, 1/2/4/5 e 1/2/4/6, mas não existe equilíbrio para a combinação 1/2/5/6.

A escolha de um determinado equilíbrio depende dos objetivos do grupo. Por exemplo, se a prioridade for dada a alternativas que promovam a redução de consumo em curto prazo, podem ser escolhidos equilíbrios onde as opções 1 (Controle de vazamentos – rede de abastecimento), 2 (Tarifação (10%)) e 4 (Controle de vazamentos – edificações) estiverem selecionadas.

Outros fatores podem influenciar a escolha do equilíbrio a ser adotado. No caso em questão, por exemplo, existem duas opções que não são de iniciativa exclusiva do Grupo I – Poder Público: a opção 1 – Controle de vazamentos – rede de abastecimento, que é de competência da concessionária (Grupo II – Usuário) e a opção 5 – Reuso industrial, cuja implementação depende das indústrias (Grupo III – Indústria). Assim, um outro aspecto a ser considerado na escolha do equilíbrio seria se o grupo só trataria das opções que lhe dizem respeito, exclusivamente, ou se iria usar de uma ou mais das suas opções como meio de induzir o comportamento de outros grupos.

4.1.8 – Informações para apoio à tomada de decisão

Independentemente das considerações feitas no final do item 4.1.7, os equilíbrios apontados pelo GMCR fornecem aos decisores as alternativas que podem ser adotadas de forma a minimizar ou eliminar os conflitos de opinião dentro do Grupo I – Poder Público.

Neste contexto, as informações que são fornecidas, para apoiar a tomada de decisão, são as seguintes:

- só pode haver consenso do grupo se a opção 2 – Tarifação (10%) for adotada;
- no caso de ser necessário restringir a quantidade de medidas de redução de consumo a serem adotadas, deve ser dada preferência às opções 3 – Legislação + Medição e 4 – Controle de vazamentos - edificações, em detrimento das opções 1 – Controle de vazamentos – rede de abastecimento, 5 – Reuso industrial e 6 – Educação ambiental;

- sendo de interesse a adoção da opção 1 – Controle de vazamentos – rede de abastecimento, esta pode vir acompanhada apenas da opção 2 – Tarifação (10%) – no caso de apenas 2 opções selecionadas – ou desta e de pelo menos uma das opções 3 – Legislação + Medição e 4 – Controle de vazamentos – edificações, para os casos de 3, 4 ou 5 opções selecionadas simultaneamente;

- não há consenso para o caso de seleção de 3 opções em que sejam adotadas apenas as opções 2 – Tarifação (10%), 5 – Reuso industrial e 6 – Educação ambiental.

4.2 – Simulação do Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público

O Poder Público, ciente da necessidade de adoção de medidas de redução de consumo, entende necessária a análise de como as alternativas de sua iniciativa exclusiva podem ser combinadas, de maneira a reduzir as reações contrárias e minimizar o seu custo político.

Dentre as treze alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água consideradas em Braga (2001), algumas são de iniciativa exclusiva do Grupo I – Poder Público, a saber: Legislação que induza o uso racional (medição individualizada), Programa de educação ambiental escolar, Tarifação que estimule o uso eficiente, Outorga dos direitos de uso da água, Cobrança pelo uso da água e Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento.

Da Tabela 3.5, pode ser verificada a ausência de consenso entre os quatro grupos, aqui considerados, com relação às preferências atribuídas a essas alternativas, conforme mostrado na Tabela 4.7, onde:

- Alternativa de iniciativa do Grupo I – Poder Público – descreve as alternativas que atendem a essa condição;

- Preferência do – indica as preferências dos grupos decisores para as alternativas, sendo:

- G I – Grupo I – Poder Público;
- G II – Grupo II – Usuário;
- G III – Grupo III – Indústria;
- G IV – Grupo IV – Sociedade Civil.

Tabela 4.7 – Preferências dos grupos para as alternativas do Grupo I – Poder Público.

Alternativa de iniciativa do Grupo I – Poder Público	Preferência do			
	G I	G II	G III	G IV
Legislação que induza uso racional (medição individualizada)	2	2*	3	6
Outorga dos direitos de uso da água	3	1*	1*	5
Programa de educação ambiental escolar	4	1*	1*	1
Tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente	7	2*	4*	11
Cobrança pelo uso da água	11	1*	2	9
Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento	13	1*	4*	12

[G I – Grupo I – Poder Público; G II – Grupo II – Usuário; G III – Grupo III – Indústria;
G IV – Grupo IV – Sociedade Civil; * - alternativas com mesma preferência]

4.2.1 – Definição dos jogadores e suas opções

O conflito envolve três jogadores: o Poder Público (J1), o Usuário (J2) e a Sociedade Civil (J3), jogador este que representa as preferências do Grupo III – Indústria e do Grupo IV – Sociedade Civil (visto que as alternativas do Grupo I – Poder Público afetam de forma similar estes dois grupos).

As alternativas do Poder Público (J1) são:

1 – Outorga + Cobrança => Outorga do direito de uso da água com cobrança automática da água bruta utilizada, com ou sem repasse para o consumidor (decisão a ser tomada *a posteriori*), objetivando que o Usuário invista no controle de vazamentos na rede de abastecimento, a qual apresenta perdas da ordem de 40% da água tratada;

2 – Tarifação => majoração (10%) da tarifa de água consumida, como forma de capitalizar o Usuário para investir no controle de vazamentos e, ao mesmo tempo, fazer a Sociedade Civil reduzir o consumo de água;

3 – Legislação + Medição => instauração de legislação que induza o uso racional da água e implementação da medição individualizada em condomínios residenciais;

4 – Educação Ambiental => elaboração e implantação de programa(s) de educação ambiental, visando à alteração de hábitos da população e o conseqüente uso racional e efetivo da água.

O Usuário (J2) tem a opção 5 – Aceita (ou não) a adoção das alternativas selecionadas pelo Poder Público. O mesmo é válido para a opção 6 – Aceita da Sociedade Civil (J3).

A Tabela 4.8 mostra os jogadores e suas respectivas opções, bem como sobre quem incidirá o custo econômico da opção, se selecionada. No caso da opção ‘Outorga +

Cobrança', considera-se que ainda não há uma definição quanto ao jogador sobre quem incidirá o custo da cobrança (se J2 ou J3).

Tabela 4.8 – Jogadores e Opções (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público).

Jogador (J)	Opção (m)	Custo para
1 – Poder Público (J1)	1 – Outorga + Cobrança	J2 ou J3
	2 – Tarifação	J3
	3 – Legislação + Medição	J3
	4 – Educação Ambiental	J1/J3
2 – Usuário (J2)	5 – Aceita	
3 – Sociedade Civil (J3)	6 – Aceita	

[Custo para => jogador sobre quem incide o custo de adoção da opção]

4.2.2 – Definição dos estados factíveis do conflito

Como cada uma das seis opções pode ou não ser adotada, o número de estados possíveis para o conflito totaliza 64 (2^6) estados. Destes, foram excluídos os estados em que não há aceitação de pelo menos um dos outros jogadores (J2 – Usuário e J3 – Sociedade Civil) – tendo em vista as preferências pelas alternativas, apresentadas na Tabela 4.7, que indicam que sempre haverá aceitação de um desses jogadores para pelo menos uma das alternativas selecionadas em cada estado – e os estados em que a opção 2 – Tarifação (10%) é selecionada e J2 não aceita, visto o seu interesse na adoção desta alternativa. Restam, assim, 38 estados factíveis, incluindo o *status quo* (estado 1 (NNNNNN), em que nenhuma opção está selecionada).

A Tabela 4.9 mostra os estados factíveis do conflito, sendo que:

- Jog – indica o número do jogador i ($i = 1$ a 3);
- Opç – indica o número da opção m ($m = 1$ a 6);
- os números de 1 a 38 indicam os estados do conflito, constituídos pela combinação de S (opção selecionada) e N (opção não selecionada).

Tabela 4.9 – Estados factíveis do conflito (de Aceitabilidade das Opções do Poder Público).

Jog	Opç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	2	N	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N
	3	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N
	4	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S
2	5	N	S	N	S	S	S	S	N	S	S	N	S
3	6	N	N	S	S	N	S	N	S	S	N	S	S
Jog	Opç	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N
	2	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	S
	3	S	S	N	N	S	S	S	N	N	S	S	N
	4	N	N	S	S	S	S	S	N	N	N	N	S
2	5	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S
3	6	N	S	N	S	N	S	S	N	S	N	S	N
Jog	Opç	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	2	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	3	N	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N
	4	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	S	S
2	5	S	S	S	S	N	S	S	N	S	S	N	S
3	6	S	N	S	N	S	S	N	S	S	N	S	S
Jog	Opç	37	38										
1	1	S	S										
	2	S	S										
	3	S	S										
	4	S	S										
2	5	S	S										
3	6	N	S										

[Jog = número do jogador i ($i = 1, 2, 3$); Opç = número da opção j ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);
1 a 38 = estados do conflito; S = opção seleccionada; N = opção não seleccionada]

4.2.3 – Definição das listas de alcance dos jogadores

As listas de alcance dos jogadores estão mostradas na Tabela 4.10, onde:

- Do estado - indica o número do estado k ($k = 1$ a 38) a partir do qual é feito o movimento unilateral do jogador i ($i = 1$ a 3);

- $S_i(k)$ indica o(s) estado(s) que pode(m) ser alcançado(s) pelo jogador i a partir do estado k . Os estados para os quais não existe movimento unilateral para o jogador i estão indicados por '-'.
-

Tabela 4.10 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público).

Do estado	$S_1(k)$	$S_2(k)$	$S_3(k)$
1	0	-	-
2	5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	4
3	8, 11, 18, 29, 32, 35	4	-
4	6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	3	2
5	2, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	6
6	4, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	-	5
7	2, 5, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	9
8	3, 11, 18, 29, 32, 35	9	-
9	4, 6, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	8	7
10	2, 5, 7, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	12
11	3, 8, 18, 29, 32, 35	12	-
12	4, 6, 9, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	11	10
13	2, 5, 7, 10, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	14
14	4, 6, 9, 12, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	-	13
15	2, 5, 7, 10, 13, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	16
16	4, 6, 9, 12, 14, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	-	15
17	2, 5, 7, 10, 13, 15, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	19
18	3, 8, 11, 29, 32, 35	19	-
19	4, 6, 9, 12, 14, 16, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	18	17
20	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 22, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	21
21	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 23, 25, 27, 30, 33, 36, 38	-	20
22	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 24, 26, 28, 31, 34, 37	-	23
23	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 25, 27, 30, 33, 36, 38	-	22
24	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 26, 28, 31, 34, 37	-	25
25	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 27, 30, 33, 36, 38	-	24
26	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 28, 31, 34, 37	-	27

Continua

Tabela 4.10 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público) – Continuação.

Do estado	$S_1(k)$	$S_2(k)$	$S_3(k)$
27	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 30, 33, 36, 38	-	26
28	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 31, 34, 37	-	30
29	3, 8, 11, 18, 32, 35	30	-
30	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 33, 36, 38	29	28
31	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 34, 37	-	33
32	3, 8, 11, 18, 29, 35	33	-
33	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 36, 38	32	31
34	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 37	0	36
35	3, 8, 11, 18, 29, 32	36	-
36	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 38	35	34
37	2, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 34	-	38
38	4, 6, 9, 12, 14, 16, 19, 21, 23, 25, 27, 30, 33, 36	-	37

[Do estado - número do estado k a partir do qual o movimento é feito; $S_1(k)$, $S_2(k)$, $S_3(k)$ - estado(s) alcançado(s) pelo jogador i (i = 1 a 3) a partir de k (k = 1 a 38); '-' - não há movimento unilateral a partir do estado k]

4.2.4 - Definição dos vetores de preferências dos jogadores

As preferências foram atribuídas a partir da Tabela 4.7 - Preferências dos grupos para as alternativas do Grupo I – Poder Público.

Como a modelagem do conflito objetiva a verificação da aceitabilidade da adoção das medidas, foram definidos dois grupos (A e B) de simulações, de acordo com alterações nos vetores de preferências de J1 (Poder Público). Assim:

Grupo A => as preferências do Poder Público (J1) foram atribuídas considerando apenas a sua própria preferência em relação às opções, sem levar em conta a aceitação ou não de J2 e J3;

Grupo B => as preferências do Poder Público (J1) foram atribuídas considerando não apenas a sua própria preferência em relação às opções como também a aceitação por parte de J3 – Sociedade Civil (isoladamente ou acompanhado de J2 - Usuário).

Simulações do Grupo A

A1) Nesta simulação, o vetor de preferências de J2 indica maior preferência para os estados em que a opção 2 - Tarifação é selecionada e indiferença à aceitação ou não de J3, havendo grupos de estados de igual preferência; para J3, o vetor de preferências indica maior preferência para os estados em que as opções 1 – Outorga + Cobrança e 4 – Educação Ambiental são selecionadas (em conjunto ou isoladamente), sendo dado maior peso aos estados em que a aceitação é conjunta (J2/J3), seguidos por aqueles em que a aceitação é só de J3 e só de J2.

A2) Nesta simulação, foi alterado o vetor de preferências de J2: continua a ser dada maior preferência aos estados em que a opção 2 é selecionada, mas passa a ser dada importância à aceitação de J3, na seguinte ordem (dentro da preferência pelas opções): J2 e J3, só J2, só J3. O vetor de preferências de J3 é o mesmo da simulação A1.

A3) Nesta simulação, foi alterado o vetor de preferências de J3, adotando-se o uso de grupos de estados de igual preferência; os estados que têm a maior preferência continuam a ser os que têm apenas as opções 1 e 4 selecionadas, mas agora independentemente da aceitação de J2 e J3; para os estados em que a opção 2 é selecionada em conjunto com as opções 1 e 4, é dada maior preferência aos que têm a aceitação conjunta de J2 e J3. O vetor de preferências de J2 permanece o mesmo da simulação A1.

A4) Nesta simulação, os vetores de preferências de J2 e J3 são alterados, considerando-se, respectivamente, aqueles utilizados nas simulações A2 e A3.

Simulações do Grupo B

B1) Apenas o vetor de preferências de J1 é alterado em relação à simulação A1, conforme indicado anteriormente.

B2) O vetor de preferências de J2 é alterado, usando-se aquele da simulação A2; o vetor de preferências de J3 é o mesmo da simulação B1.

B3) O vetor de preferências de J3 é alterado, usando-se aquele da simulação A3; o vetor de preferências de J2 permanece o mesmo da simulação B1.

B4) Os vetores de preferências de J2 e J3 são alterados, considerando-se, respectivamente, aqueles utilizados nas simulações B2 e B3.

Os vetores de preferências de cada simulação estão indicados na Tabela 4.11 e na Tabela 4.12, respectivamente para as simulações dos Grupos A e B. Nelas:

- k indica o número do estado (k = 1 a 38);
- $P_i(k)$ indica a preferência do jogador i (i = 1 a 3) para o estado k.
- Em negrito, destaca-se o vetor de preferências alterado na simulação.

Tabela 4.11-- Vetores de preferências para as simulações do Grupo A
(Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público).

k	Simulação A1			Simulação A2			Simulação A3			Simulação A4		
	$P_1(k)$	$P_2(k)$	$P_3(k)$	$P_1(k)$	$P_2(k)$	$P_3(k)$	$P_1(k)$	$P_2(k)$	$P_3(k)$	$P_1(k)$	$P_2(k)$	$P_3(k)$
1	1	2	1	1	4	1	1	2	1	1	4	1
2	10	1	33	10	2	33	10	1	33	10	2	33
3	9	1	34	9	1	34	9	1	33	9	1	33
4	11	1	35	11	3	35	11	1	33	11	3	33
5	3	30	6	3	25	6	3	30	15	3	25	15
6	4	30	7	4	26	7	4	30	30	4	26	30
7	20	1	24	20	11	24	20	1	36	20	11	36
8	23	1	25	23	12	25	23	1	36	23	12	36
9	24	1	26	24	13	26	24	1	36	24	13	36
10	19	10	36	19	17	36	19	10	38	19	17	38
11	21	10	37	21	18	37	21	10	38	21	18	38
12	22	10	38	22	19	38	22	10	38	22	19	38
13	13	30	12	13	27	12	13	30	10	13	27	10
14	18	30	13	18	28	13	18	30	28	18	28	28
15	12	36	16	12	33	16	12	36	10	12	33	10
16	17	36	17	17	34	17	17	36	31	17	34	31
17	36	10	27	36	14	27	36	10	5	36	14	5
18	37	10	28	37	15	28	37	10	37	37	15	37
19	38	10	29	38	16	29	38	10	37	38	16	37
20	2	37	2	2	23	2	2	37	5	2	23	5
21	8	37	3	8	24	3	8	37	20	8	24	20

Continua

Tabela 4.11– Vetores de preferências para as simulações do Grupo A
(Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público) - Continuação

k	Simulação A1			Simulação A2			Simulação A3			Simulação A4		
	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)
22	6	31	4	6	29	4	6	31	5	6	29	5
23	15	31	5	15	30	5	15	31	10	15	30	10
24	5	38	10	5	37	10	5	38	5	5	37	5
25	14	38	11	14	38	11	14	38	30	14	38	30
26	7	36	8	7	35	8	7	36	5	7	35	5
27	16	36	9	16	36	9	16	36	28	16	36	28
28	30	1	18	30	5	18	30	1	5	30	5	5
29	31	1	19	31	6	19	31	1	25	31	6	25
30	32	1	20	32	7	20	32	1	25	32	7	25
31	33	25	21	33	8	21	33	25	5	33	8	5
32	34	25	22	34	9	22	34	25	35	34	9	35
33	35	25	23	35	10	23	35	25	35	35	10	35
34	27	37	30	27	20	30	27	37	5	27	20	5
35	28	37	31	28	21	31	28	37	34	28	21	34
36	29	37	32	29	22	32	29	37	34	29	22	34
37	25	35	25	25	31	25	25	35	15	25	31	15
38	26	35	26	26	32	26	26	35	32	26	32	32

[k – estado ao qual é atribuída a preferência (k = 1 a 38); Simulação A_j – simulação a que se referem os vetores de preferências (j = 1 a 4); P_i(k) – vetor de preferências do jogador i (i = 1 a 3); Números em negrito – vetor de preferências alterado na simulação correspondente]

Tabela 4.12 – Vetores de preferências para as simulações do Grupo B
(Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público).

k	Simulação B1			Simulação B2			Simulação B3			Simulação B4		
	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)
1	1	2	1	1	4	1	1	2	1	1	4	1
2	25	1	33	25	2	33	25	1	33	25	2	33
3	2	1	34	2	1	34	2	1	33	2	1	33
4	26	1	35	26	3	35	26	1	33	26	3	33
5	16	30	6	16	25	6	16	30	15	16	25	15
6	18	30	7	18	26	7	18	30	30	18	26	30
7	15	1	24	15	11	24	15	1	36	15	11	36
8	29	1	25	29	12	25	29	1	36	29	12	36
9	30	1	26	30	13	26	30	1	36	30	13	36
10	14	10	36	14	17	36	14	10	38	14	17	38
11	27	10	37	27	18	37	27	10	38	27	18	38
12	28	10	38	28	19	38	28	10	38	28	19	38
13	13	30	12	13	27	12	13	30	10	13	27	10
14	20	30	13	20	28	13	20	30	28	20	28	28
15	12	36	16	12	33	16	12	36	10	12	33	10
16	19	36	17	19	34	17	19	36	31	19	34	31

Continua

Tabela 4.12 – Vetores de preferências para as simulações do Grupo B
(Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público) – Continuação.

k	Simulação B1			Simulação B2			Simulação B3			Simulação B4		
	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)	P ₁ (k)	P ₂ (k)	P ₃ (k)
17	11	10	27	11	14	27	11	10	5	11	14	5
18	35	10	28	35	15	28	35	10	37	35	15	37
19	36	10	29	36	16	29	36	10	37	36	16	37
20	8	37	2	8	23	2	8	37	5	8	23	5
21	17	37	3	17	24	3	17	37	20	17	24	20
22	10	31	4	10	29	4	10	31	5	10	29	5
23	22	31	5	22	30	5	22	31	10	22	30	10
24	9	38	10	9	37	10	9	38	5	9	37	5
25	21	38	11	21	38	11	21	38	30	21	38	30
26	7	36	8	7	35	8	7	36	5	7	35	5
27	23	36	9	23	36	9	23	36	28	23	36	28
28	6	1	18	6	5	18	6	1	5	6	5	5
29	33	1	19	33	6	19	33	1	25	33	6	25
30	34	1	20	34	7	20	34	1	25	34	7	25
31	4	25	21	4	8	21	4	25	5	4	8	5
32	37	25	22	37	9	22	37	25	35	37	9	35
33	38	25	23	38	10	23	38	25	35	38	10	35
34	5	37	30	5	20	30	5	37	5	5	20	5
35	31	37	31	31	21	31	31	37	34	31	21	34
36	32	37	32	32	22	32	32	37	34	32	22	34
37	3	35	25	3	31	25	3	35	15	3	31	15
38	24	35	26	24	32	26	24	35	32	24	32	32

[k – estado ao qual é atribuída a preferência (k = 1 a 38); Simulação B_j – simulação a que se referem os vetores de preferências (j = 1 a 4); P_i(k) – vetor de preferências do jogador i (i = 1 a 3); Números em negrito – vetor de preferências alterado na simulação correspondente]

4.2.5 – Identificação dos equilíbrios do conflito

Com o conflito modelado de oito diferentes maneiras, em função das alterações nos vetores de preferências, foram feitos os cálculos de estabilidade dos estados com base em todos os critérios de estabilidade usados pelo GMCR. Os equilíbrios apontados pelo Modelo Grafo estão apresentados nas Tabelas 4.13 e 4.14, para as simulações dos Grupos A e B, respectivamente:

- Estado - indica o número e a seleção ou não de cada uma das seis opções dos jogadores;
- Critérios de Estabilidade - indica os critérios de estabilidade do GMCR para os quais foi calculada a estabilidade dos estados do conflito;
- R – critério de estabilidade de Nash (Racional);
- GMR – critério de estabilidade Meta-racional Geral;
- SMR – critério de estabilidade Meta-racional Simétrico;

- SEQ – critério de estabilidade Seqüencial;
- L(h) – critério de estabilidade de Movimento Limitado [válido para os casos 1 e 2, na Tabela 4.13 e apenas para o caso 1 na Tabela 4.14);
- NM – critério de estabilidade Não Míope (válido para os casos 1 e 2 em ambas as tabelas);
- Caso 1 – o jogador original toma parte na seqüência de movimentos;
- Caso 2 – o jogador original não toma parte na seqüência de movimentos;
- Números nas células - indicam as simulações (de 1 a 4) do grupo para as quais o estado constitui um equilíbrio, no critério de estabilidade correspondente;
- asterisco (*) - indica que o estado não se constitui em equilíbrio para a simulação respectiva.

Tabela 4.13– Equilíbrios apontados para as simulações do Grupo A
(Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público).

Estado		Critério de Estabilidade								
		R	GMR	SMR	SEQ	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)	NM
1	NNNNNN	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	1 2
		3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	- 4	- 4	--	3 4
17	SNSSSN	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--
		* 4	* 4	* 4	* 4	* -	* 4	* 4	* -	* 4
18	SNSSNS	1 -	1 2	1 2	1 2	1 -	1 -	1 -	--	1 -
		3 -	3 4	3 4	3 4	3 -	- 4	- 4	--	3 4
19	SNSSSS	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	1 2
		3 *	3 *	3 *	3 *	3 *	- *	- *	- *	3 *

[Estado - indicado pelo número e pela combinação das opções; Estabilidade: R - Nash (Racional); GMR - Meta-racional Geral; SMR - Meta-racional Simétrica; SEQ - Seqüencial; L(h) - Movimento Limitado – Casos 1 e 2 - (h = 1, 2, 3, 4); NM - Não Míope; Os números nas células indicam para qual simulação (de 1 a 4) o estado é um equilíbrio; * - indica que o estado não é um equilíbrio para a simulação; Caso 1 – a estabilidade é calculada com o jogador original tomando parte na sanção; Caso 2 – o jogador original não toma parte na sanção]

Tabela 4.14 – Equilíbrios apontados para as simulações do Grupo B
(Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público).

Estado		Critério de Estabilidade											
		R	GMR	SMR	SEQ	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)	L(5)	L ₁ (3)	L ₁ (4)	NM
1	NNNN NN	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	- 2	--	--	1 2
		3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 -	3 -	--	--	- 4	3 4
2	SNNN SN	--	1 2	1 2	1 2	--	1 2	1 2	- 2	- 2	--	--	1 2
		3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	--	--	--	3 4	3 4	--
4	SNNN SS	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	3 4	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	SSNN SN	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	SSNN SS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Continua

Tabela 4.14 – Equilíbrios apontados para as simulações do Grupo B
(Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público) – Continuação.

Estado		Critério de Estabilidade											
		R	GMR	SMR	SEQ	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)	L(5)	L ₁ (3)	L ₁ (4)	NM
8	SNSN	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	NS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	SNSN	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	SNNS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	NS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	SNNS	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	SSSN	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	SSNS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	SNSS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	NS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	SNSS	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21	NSNN	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23	NSSN	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25	NSNS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27	NSSS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29	NNSN	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	NS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30	NNSN	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
32	NNSS	1 -	1 2	1 2	1 -	1 -	1 -	1 -	--	--	--	--	1 -
	NS	3 -	3 4	3 4	3 -	3 -	3 -	3 -	3 -	--	--	--	3 -
33	NNSS	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	- 2	--	--	1 -
	SS	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	--	--	--	3 -
35	NNNS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	NS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
36	NNNS	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
38	SSSS	--	1 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	SS	--	3 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[Estado - indicado pelo número e pela combinação das opções; Estabilidade: R - Nash (Racional); GMR - Meta-Racional Grcal; SMR -Meta-Racional Simétrica; SEQ -Seqüencial; L(h) -Movimento Limitado Caso 1 (h = 1, 2, 3, 4, 5); L₁(h) - Movimento Limitado Caso 2 (h = 3, 4); NM - Não Míope]

As características desta modelagem de conflito, com a formação de grupos de simulações em função de alterações nos vetores de preferências dos jogadores, fazem com que o cálculo das estabilidades possa ser considerado, também, como uma análise de sensibilidade, razão pela qual esta não se encontra especificamente indicada para o conflito em estudo.

4.2.6 – Análise dos resultados

Considerando que o objetivo da modelagem deste conflito é fornecer subsídios para uma decisão política, evidente se faz a necessidade de garantir a manutenção dos equilíbrios encontrados por um prazo mais longo. Isto implica em que os equilíbrios sejam interpretados levando em conta critérios de estabilidade com maior visão de futuro, os mais indicados para a tomada de decisão estratégica.

As Tabelas 4.13 e 4.14 mostram os equilíbrios encontrados (para os grupos de simulações A e B, respectivamente) que atendem aos critérios de estabilidade L(h) – Movimento Limitado (visão de futuro variável) e NM – Não Míope (visão de futuro alta). Com isto, todos os equilíbrios encontrados para o Grupo A se mantêm e os equilíbrios do Grupo B são reduzidos a quatro estados (por terem sido desconsiderados os equilíbrios que atendem apenas aos critérios de estabilidade com visão de futuro baixa ou média, caso das estabilidades de Nash, Meta-racional Geral, Meta-racional Simétrica e Seqüencial).

Nas Tabelas 4.15 e 4.16 estão mostrados os equilíbrios, dos grupos de simulações A e B, respectivamente, que atendem aos critérios de estabilidade L(h) – Movimento Limitado e NM – Não Míope (não é apresentada aqui a descrição das colunas e células das tabelas 4.15 e 4.16, por ser idêntica à das Tabelas 4.13 e 4.14):

Tabela 4.15 – Equilíbrios do Grupo A x Critério de Estabilidade.

Estado		Critério de Estabilidade								
		R	GMR	SMR	SEQ	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)	NM
1	NNNNNN	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	1 2
		3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	- 4	- 4	--	3 4
17	SNSSSN	--	1 2	1 2	--	--	--	--	--	--
		* 4	* 4	* 4	* 4	* -	* 4	* 4	* -	* 4
18	SNSSNS	1 -	1 2	1 2	1 2	1 -	1 -	1 -	--	1 -
		3 -	3 4	3 4	3 4	3 -	- 4	- 4	--	3 4
19	SNSSSS	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	1 2
		3 *	3 *	3 *	3 *	3 *	- *	- *	- *	3 *

[Estado - indicado pelo número e pela combinação das opções; R - Nash (Racional); GMR -Meta-racional Geral; SMR -Meta-racional Simétrica; SEQ -Seqüencial; L(h) - Movimento Limitado – Casos 1 e 2 (h = 1, 2, 3, 4); NM - Não Míope; Os números nas células indicam para qual simulação o estado é um equilíbrio; *- indica que o estado não é um equilíbrio para a simulação;

Caso 1 – a estabilidade é calculada com o jogador original tomando parte na sanção;

Caso 2 – o jogador original não toma parte na sanção]

Tabela 4.16 - Equilíbrios do Grupo B x Critério de Estabilidade.

Estado		Critério de Estabilidade											
		R	GMR	SMR	SEQ	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)	L(5)	L ₁ (3)	L ₁ (4)	NM
1	NNN	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	- 2	--	--	1 2
	N	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 -	3 -	--	--	- 4	3 4
	NN												
2	SNNN	--	1 2	1 2	1 2	--	1 2	1 2	- 2	- 2	--	--	1 2
	SN	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	--	--	--	3 4	3 4	--
32	NNSS	1 -	1 2	1 2	1 -	1 -	1 -	1 -	--	--	--	--	1 -
	NS	3 -	3 4	3 4	3 -	3 -	3 -	3 -	3 -	--	--	--	3 -
33	NNSS	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	- 2	- 2	--	--	1 -
	SS	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	--	--	--	3 -

[Estado - indicado pelo número e pela combinação das opções; Estabilidade: R - Nash (Racional);

GMR - Meta-Racional Geral; SMR - Meta-Racional Simétrica; SEQ - Sequencial;

L(h) - Movimento Limitado Caso 1 (h = 1, 2, 3, 4, 5); L₁(h) - Movimento Limitado Caso 2 (h = 3, 4); NM - Não Míope;

Os números nas células indicam para qual simulação o estado é um equilíbrio;

*- indica que o estado não é um equilíbrio para a simulação;

Caso 1 - a estabilidade é calculada com o jogador original tomando parte na sanção;

Caso 2 - o jogador original não toma parte na sanção]

4.2.6.1 - Análise dos resultados para as simulações do Grupo A

Para o Grupo A (onde J1 considera apenas a própria preferência em relação às opções, sem levar em conta a aceitação ou não de J2 e J3) foram obtidos 4 equilíbrios (estados 1, 17, 18 e 19) para 5 critérios de estabilidade (de maior visão de futuro) calculados:

- Estado 1 (NNNNNN) - é o status quo, no qual nenhuma opção é selecionada por qualquer dos jogadores. Constitui-se em equilíbrio para todas as simulações de acordo com os critérios de estabilidade L(1) e NM e para as simulações A1, A2 e A4 de acordo com L(2) e L(3). Apresenta um baixo custo político pela própria inércia da população (desde que possa ser restabelecida a normalidade do abastecimento de água da cidade, em curto ou médio prazo) e nenhuma efetividade em termos de redução do consumo.

- Estado 17 (SNSSSN) - é o estado em que J1 seleciona as opções 1, 3 e 4 e tem a aceitação de J2 mas não a de J3. Não se constitui em equilíbrio para a simulação A3 e apenas a simulação A4 tem este estado como equilíbrio de acordo com os critérios de Movimento Limitado [L(2), L(3)] e Não Míope [NM]. Deduz-se disto que só no caso de,

simultaneamente, J2 passar a considerar a aceitação de J3, e J3 passar a dar maior preferência à seleção das opções 1 e 4 independentemente da sua própria aceitação, é que este estado pode ser considerado como uma solução para o problema. Do ponto de vista da efetividade das medidas adotadas, este equilíbrio apresenta-se duvidoso, desde que a adoção das opções 3 e 4 sem o apoio popular não trará uma apreciável redução de consumo e a adoção da opção 1 sem aceitação de J2 não propiciará o investimento desejado no controle de vazamentos da rede de abastecimento. Politicamente, implica num alto custo para o Poder Público.

- Estado 18 (SNSSNS) – é o estado em que J1 seleciona as opções 1, 3 e 4 e só tem a aceitação de J3. É equilíbrio para a simulação A1 de acordo com L(1), L(2), L(3) e NM, para a simulação A3 de acordo com L(1) e NM e para a simulação A4 de acordo com L(2), L(3) e NM, não apresentando equilíbrio para a simulação A2 por qualquer destes critérios, o que reflete a esperada não aceitação de J2 à seleção da opção 1 sem que seja selecionada a opção 2. Em termos de efetividade, podem ser obtidos bons resultados a partir da aceitação popular à implantação das opções 3 e 4, embora sem que seja ainda obtido o investimento no controle de vazamentos por parte de J2. Politicamente, este estado representa um ganho para o Poder Público.

- Estado 19 (SNSSSS) – é o estado em que J1 seleciona as opções 1, 3 e 4 e conta com a aceitação de J2 e J3. Constitui-se em equilíbrio para a simulação A1 em L(1), L(2), L(3) e NM; para a simulação A2 em L(1), L(2), L(3), L(4) e NM; e para a simulação A3 de acordo com L(1) e NM; mas não é equilíbrio para a simulação A4. Tanto do ponto de vista da efetividade quanto do custo político, esta seria a situação ideal, tendo em vista o apoio da Sociedade Civil e do Usuário às opções selecionadas. Continua a restrição quanto à certeza do apoio de J2 à seleção da opção 1, o qual, sendo retirado a qualquer momento, conduziria novamente o conflito ao equilíbrio do estado 18.

4.2.6.2 - Análise dos resultados para as simulações do Grupo B

Para o Grupo B (J1 passa a considerar, além de suas preferências em relação às opções, a aceitação de J2 e J3) foram obtidos 4 equilíbrios que atendem a critérios de estabilidade de maior visão de futuro (L(h) e NM). Assim:

- Estado 1 – status quo. É equilíbrio para a simulação B1 de acordo com L(1), L(2), L(3) e NM; para a simulação B2 de acordo com L(1), L(2), L(3), L(4), L(5) e NM; para a simulação B3 de acordo com L(1), L(2), L(3), L(4) e NM; e para a simulação B4 de acordo com L(1), L(2), L₁(4) e NM. Novamente apresenta-se como o equilíbrio em que se opta pelo menor desgaste político e com efetividade nula.

- Estado 2 – é o estado em que apenas a opção 1 é selecionada e tem a aceitação de J2. É equilíbrio para a simulação B1 em L(2), L(3) e NM; para a simulação B2 em L(2), L(3), L(4), L(5) e NM; para as simulações B3 e B4 em L(1), L(2), L₁(3) e L₁(4). Em termos de efetividade seria uma boa situação, desde que não houvesse dúvida quanto à manutenção desta aceitação por parte de J2, significando investimentos no controle de vazamentos da rede de abastecimento. Politicamente, o Poder Público ganharia, num médio prazo, na medida em que fosse melhorado o atendimento à população pela melhor distribuição de água.

- Estado 32 – é o estado em que J1 seleciona as opções 3 e 4 e tem a aceitação de J3. É equilíbrio para a simulação B1 de acordo com L(1), L(2), L(3) e NM e para a simulação B3 de acordo com L(1), L(2), L(3), L(4) e NM, não se constituindo em equilíbrio para as simulações B2 e B4 por nenhum destes critérios de estabilidade. Tendo em vista que a adoção das opções 3 e 4 só pode ter efetividade se contar com o apoio popular, é uma boa opção para o Poder Público, embora o ganho político potencial seja diminuído em função da não seleção da opção 1.

- Estado 33 – é o estado em que J1 seleciona as opções 3 e 4 com a aceitação de J2 e J3. É equilíbrio para a simulação B1 em L(1), L(2), L(3) e NM; para a simulação B2 em L(1), L(2), L(3), L(4) e L(5); para a simulação B3 em L(1), L(2), L(3), L(4) e NM; e para a simulação B4 em L(1), L(2), L(3) e L(4). A análise para este estado pode ser a mesma feita para o estado 32, visto que a aceitação de J2 não tem muita influência sobre os resultados alcançados.

4.2.7 – Informações para apoio à tomada de decisão

A análise dos resultados das simulações do Grupo A indica que, tanto o *status quo* (NNNNNN), com baixo custo político, quanto o estado 18 (SNSSNS), com altos ganhos políticos, podem ser adotados como solução para o conflito. Assim, de acordo com as preferências deste grupo de simulações, as opções de maior aceitabilidade são: 1 – Outorga + Cobrança, 3 – Legislação + Medição e 4 – Educação ambiental.

Os resultados das simulações do Grupo B, reforçam a possibilidade do *status quo* (NNNNNN) se constituir em solução para o conflito e apontam o estado 32 (NNSNS) como uma alternativa ao estado 18 (SNSSNS), equilíbrio encontrado para as simulações do Grupo A. Assim, pode ser inferido que as opções 3 – Legislação + Medição e 4 – Educação ambiental, são as de maior aceitabilidade para este grupo de simulações, o que enfatiza os resultados obtidos para o Grupo A.

As informações para apoio à tomada de decisão fornecidas pelo GMCR são, portanto:

- a não adoção de medidas de redução de consumo para a cidade de Campina Grande pode se constituir em uma solução de baixo custo político, desde que se tenha uma perspectiva otimista quanto às condições pluviométricas do ano em curso (2000);

- no caso de serem adotadas medidas de redução de consumo, as que têm maior aceitabilidade são as opções 3 – Legislação + Medição e 4 – Educação ambiental (adotadas de forma simultânea), visto que contam com a aceitação de toda a sociedade, representada por J2 – Usuário e J3 – Sociedade Civil/Indústria;

- a segunda alternativa para adoção de medidas de redução de consumo é a combinação das opções acima com a opção 1 – Outorga + Cobrança, devendo ser definida a incidência do custo da cobrança pela água bruta utilizada (se sobre J2 ou J3) e o comprometimento de J2 – Usuário em relação ao investimento no controle de vazamentos na rede de abastecimento.

4.3 – Simulação do Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público

O Poder Público, preocupado com a crise no abastecimento da cidade, entende que a concessionária deve investir no controle de vazamentos na rede de abastecimento, visto

que as perdas chegam a 40% da água tratada. Para tanto, resolve instituir a cobrança da água bruta retirada do reservatório Epitácio Pessoa, manancial responsável pelo abastecimento de Campina Grande, sem repasse do valor cobrado aos consumidores, já penalizados com o racionamento. A concessionária não aceita a cobrança sem o repasse, em vista da queda de receita que vem tendo com o racionamento e, além disso, quer que o Poder Público autorize um aumento da tarifa, considerando que só assim terá o capital necessário para investir no controle de vazamentos e na detecção de ligações clandestinas e que os consumidores serão induzidos a adotar medidas adicionais de redução do consumo. Os consumidores (indústria e sociedade civil), mesmo entendendo a necessidade de redução do consumo, são contrários ao repasse e ao aumento da tarifa e também a terem de investir para reduzir o consumo (conforme indicado pelas baixas preferências das alternativas ‘Vasos de descarga reduzida’ (8), ‘Captação de água de chuva’ (10) e ‘Sistemas de reuso de água – residencial’ (13) para o Grupo IV – Sociedade Civil, mostradas na Tabela 3.8), embora no caso da indústria o reuso industrial (preferência 1) possa se tornar uma alternativa atraente para evitar novas perdas no faturamento, tendo em vista a queda da produção por causa do racionamento.

4.3.1 – Definição dos jogadores e suas opções

Os jogadores, suas respectivas opções e a incidência do custo de cada opção estão indicados na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 – Jogadores e Opções (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público).

Jogador (J)	Opção (m)	Custo para
1 – Poder Público (J1)	1 – Outorga + Cobrança, sem repasse da cobrança para o consumidor	J2
	2 – Outorga + Cobrança, com repasse da cobrança para o consumidor	J3 e J4
	3 – Aumento de 10% na tarifa da água consumida	J3 e J4
2 – Usuário (J2)	4 – Controle de vazamentos-rede de abastecimento	J2
3 – Indústria (J3)	5 – Reuso industrial	J3
4 – Sociedade Civil (J4)	6 – Vasos de descarga reduzida	J4

[Custo para => indica o jogador sobre quem incide o custo da adoção da opção]

4.3.2 – Definição dos estados factíveis do conflito

O número de estados possíveis para o conflito é 64 (2^6). Destes, são excluídos aqueles logicamente impossíveis de ocorrer (por exemplo, a adoção das opções 1 e 2, simultaneamente) e aqueles em que a opção 3 – Tarifação (10%) é adotada e J2 – Usuário não aceita. Desta forma, restam 29 estados factíveis, incluindo o *status quo*.

A Tabela 4.18 mostra os estados factíveis do conflito:

- Jog – indica o número do jogador, sendo: 1 – Grupo I – Poder Público; 2 – Grupo II – Usuário; 3 – Grupo III – Indústria; 4 – Grupo IV – Sociedade Civil;

- Opç – indica o número da opção, sendo: 1 – Outorga + Cobrança sem repasse; 2 – Outorga + Cobrança com repasse; 3 – Tarifação (10%); 4 – Controle de vazamentos – rede de abastecimento; 5 – Reuso industrial; 6 – Vasos de descarga reduzida (6 l/descarga);

- Números de 1 a 29 – indicam os estados factíveis do conflito, definidos pelas combinações de seleção de opções; S para opção selecionada e N para opção não selecionada.

Tabela 4.18 – Estados factíveis do conflito (de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público).

Jog	Opç	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S
2	4	N	S	S	S	S	N	N	N	N	S	S	S
3	5	N	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
4	6	N	N	N	S	S	N	N	S	S	N	N	S
Jog	Opç	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	2	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	3	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S
2	4	S	S	S	S	S	N	N	N	N	S	S	S
3	5	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
4	6	S	N	N	S	S	N	N	S	S	N	N	S
Jog	Opç	25	26	27	28	29							
1	1	N	N	N	N	N							
	2	S	N	N	N	N							
	3	S	S	S	S	S							
2	4	S	S	S	S	S							
3	5	S	N	S	N	S							
4	6	S	N	N	S	S							

[Jog = número do jogador i ($i = 1, 2, 3, 4$); Opç = número da opção j ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);

Os números de 1 a 29 indicam os estados factíveis do conflito;

S – opção selecionada; N – opção não selecionada]

4.3.3 – Definição das listas de alcance dos jogadores

As listas de alcance dos jogadores estão mostradas na Tabela 4.19, onde:

- Do estado - indica o número do estado k ($k = 1$ a 29) a partir do qual é feito o movimento unilateral do jogador i ($i = 1$ a 4);

- $S_i(k)$ indica o(s) estado(s) que pode(m) ser alcançado(s) pelo jogador i a partir do estado k . Os estados para os quais não existe movimento unilateral para o jogador i têm a lista de alcance preenchida com '-'.²

Tabela 4.19 – Listas de alcance dos jogadores (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público).

Do estado	$S_1(k)$	$S_2(k)$	$S_3(k)$	$S_4(k)$
1	6, 18	-	-	-
2	10, 14, 22, 26	6	3	4
3	11, 15, 23, 27	7	2	5
4	12, 16, 24, 28	8	5	2
5	13, 17, 25, 29	9	4	3
6	1, 18	2	7	8
7	19	3	6	9
8	20	4	9	6
9	21	5	8	7
10	2, 14, 22, 26	-	11	12
11	3, 15, 23, 27	-	10	13
12	4, 16, 24, 28	-	13	10
13	5, 17, 25, 29	-	12	11
14	2, 10, 22, 26	18	15	16
15	3, 11, 23, 27	19	14	17
16	4, 12, 24, 28	20	17	14
17	5, 13, 25, 29	21	16	15
18	1, 6	14	19	20
19	7	15	18	21
20	8	16	21	18
21	9	17	20	19
22	2, 10, 14, 26	-	23	24
23	3, 11, 15, 27	-	22	25
24	4, 12, 16, 28	-	25	22
25	5, 13, 17, 29	-	24	23
26	2, 10, 14, 22	-	27	28
27	3, 11, 15, 23	-	26	29
28	4, 12, 16, 24	-	29	26
29	5, 13, 17, 25	-	28	27

[Do estado - número do estado k a partir do qual o movimento é feito; $S_1(k)$, $S_2(k)$, $S_3(k)$, $S_4(k)$ - estado(s) alcançado(s) pelo jogador i ($i = 1$ a 4) a partir de k ($k = 1$ a 29);
² - não há movimento unilateral a partir do estado k]

4.3.4 – Definição dos vetores de preferências dos jogadores

Os vetores de preferências são definidos em função da combinação das opções selecionadas (e não apenas pela preferência de cada jogador em relação às suas próprias opções). Assim, por exemplo, o estado 2, onde J1 - Poder Público institui a cobrança sem repasse aos consumidores e J2 - Usuário investe no controle de vazamentos na rede de abastecimento, enquanto J3 - Indústria e J4 - Sociedade Civil não têm de investir em outras medidas de redução de consumo, é o estado mais preferido para J1 (pelo ganho político), J3 e J4 (ambos pelo não incidência de custos sobre si), ao mesmo tempo em que é o estado menos preferido para J2.

A Tabela 4.20 mostra os vetores de preferências dos jogadores, sendo:

- 'k =>' - o número do estado (k = 1 a 29);
- $P_i(k)$ - a preferência do jogador i (i = 1 a 4) para o estado k.

Tabela 4.20 – Vetores de preferências dos jogadores (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público).

k =>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P1(k)	1	29	27	25	26	9	8	6	7	21	20	18
P2(k)	2	1	4	5	3	6	7	8	9	18	19	20
P3(k)	1	29	24	28	25	5	2	4	3	21	18	20
P4(k)	1	29	28	26	27	5	4	2	3	21	20	18
k =>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P1(k)	19	28	24	22	23	2	4	3	5	13	12	10
P2(k)	21	10	11	12	13	17	16	15	14	26	27	28
P3(k)	19	27	22	26	23	6	8	7	9	10	12	11
P4(k)	19	25	24	22	23	6	7	8	9	10	11	12
k =>	25	26	27	28	29							
P1(k)	11	17	16	14	15							
P2(k)	29	25	24	23	22							
P3(k)	13	17	14	16	15							
P4(k)	13	17	16	14	15							

[k = número do estado (k = 1 a 29); $P_i(k)$ = preferência do jogador i (i = 1, 2, 3, 4) para o estado k]

4.3.5 – Identificação dos equilíbrios do conflito

Na Tabela 4.21 estão apresentados os estados que se constituem em possíveis soluções para o conflito:

- Estado -- indica o número e a seleção ou não de cada uma das seis opções dos jogadores;

- Critérios de Estabilidade – indica para cada critério de estabilidade do GMCR qual o jogador (de 1 a 4) para o qual o estado satisfaz o critério de estabilidade considerado. Por exemplo, 1/2/3/4 indica que o estado é estável para os quatro jogadores, de acordo com o critério de estabilidade considerado e 3/4 indica que o estado é estável apenas para os jogadores 3 e 4, de acordo com o critério de estabilidade considerado.

Os critérios de estabilidade considerados são: R – Nash (Racional); GMR – Meta-racional Geral; SMR – Meta-racional Simétrico; SEQ – Sequencial; L(h) – Movimento Limitado (h = 1, 2, 3 e 4) – Casos 1 e 2; NM – Não Míope – Casos 1 e 2. (Caso 1 – o jogador original toma parte na seqüência de movimentos; Caso 2 – o jogador original não toma parte na seqüência de movimentos).

Tabela 4.21 – Equilíbrios do conflito (de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público).

Estado		Critério de Estabilidade								
		R	GMR	SMR	SEQ	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)	NM
6	SNNNNN	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4
10	SNSSNN	2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4
14	NSNSNN	3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4	1/2/3/4

[Estado - indicado pelo número e pela combinação das opções; R = Nash (Racional); GMR = Meta-racional Geral; SMR = Meta-racional Simétrica; SEQ = Sequencial; L(h) = Movimento Limitado – Casos 1 e 2 - (h = 1, 2, 3, 4); NM = Não Míope; Números nas células - indicam os jogadores para os quais o estado é estável, segundo o critério de estabilidade considerado]

4.3.6 – Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi efetuada da seguinte forma:

- alterando o vetor de preferências de J2 – Usuário, atribuindo preferência 1 para todos os estados em que a opção 1 – Outorga + Cobrança sem repasse estava selecionada sem a seleção simultânea da opção 3 – Tarifação (10%);

- excluindo os estados em que a opção 1 – Outorga + Cobrança sem repasse estava selecionada sem a seleção simultânea da opção 3 – Tarifação (10%) e mantendo inalteradas as preferências em relação aos estados restantes para todos os jogadores (conforme vetores de preferência do modelo original);

- excluindo os estados em que a opção 2 – Outorga + Cobrança com repasse estava selecionada sem a seleção simultânea da opção 3 – Tarifação (10%) e mantendo

inalteradas as preferências em relação aos estados restantes para todos os jogadores (conforme vetores de preferência do modelo original).

Nos três casos, o equilíbrio mantido foi o estado 10 e não foram encontrados novos equilíbrios para o conflito.

4.3.7 – Análise dos resultados

Como resultado da análise de estabilidade, o GMCR apontou 3 estados que podem se constituir em possíveis soluções para o conflito. Todos os critérios de estabilidade são atendidos por esses estados, embora nem sempre o sejam para todos os jogadores.

É importante observar que o GMCR detecta a importância da aceitação de J2 – Usuário para a solução do conflito, haja vista que dois dos equilíbrios apontados contam com a aceitação deste jogador, enquanto nenhum dos três equilíbrios conta com a aceitação de J3 – Indústria e J4 – Sociedade Civil.

Tais resultados podem ser interpretados da seguinte maneira:

- Estado 6 – o Poder Público (J1) adota apenas a opção 1 – Outorga + Cobrança, sem repasse da cobrança aos consumidores; em consequência, o Usuário (J2) não investe no controle de vazamentos na rede de abastecimento, a Indústria (J3) não investe no reuso de água e a Sociedade Civil (J4) não investe na troca de válvulas de descarga por vasos de descarga reduzida. O estado atende a todos os critérios de estabilidade para todos os jogadores. Isso implica em que, apesar de não atingir o seu objetivo de induzir a adoção de medidas de redução de consumo, o Poder Público poderia se sentir confortável, tanto politicamente – a aceitação está definida pelo atendimento dos critérios de estabilidade para todos os jogadores (para J3 - Indústria e J4 – Sociedade Civil, essa aceitação é mais um reflexo da indiferença, visto que a medida não os afeta diretamente) quanto economicamente, pois passaria a contar com uma receita adicional.

- Estado 10 – o Poder Público (J1) adota as opções 1 – Outorga + Cobrança, sem repasse da cobrança aos consumidores e 3 – Tarifação (10%); em consequência, o Usuário (J2), conseguindo o aumento de tarifa desejado, investe no controle de vazamentos na rede de abastecimento e J3 e J4 não adotam as suas medidas de redução de consumo. Verifica-se que os critérios de estabilidade de Nash e de Movimento Limitado ($h=1$) não são atendidos

para J1 – Poder Público, mostrando que o modelo realmente detecta o receio do Poder Público, num primeiro momento ($h = 1$), em autorizar o aumento de tarifa. Do ponto de vista de resultados concretos relativos à redução de consumo, o Poder Público atinge o seu objetivo e tem o custo político minimizado, junto aos consumidores, pelas melhores condições no abastecimento da cidade e pelo argumento de que a cobrança não está sendo repassada, cumulativamente, para eles. O ganho econômico é o mesmo proporcionado pelo estado 6.

- Estado 14 – o Poder Público (J1) adota a opção 2 – Outorga + Cobrança, com repasse da cobrança aos consumidores; em consequência, o Usuário (J2) investe no controle de vazamentos na rede de abastecimento e J3 e J4, mais uma vez, não adotam as suas opções. Verifica-se que este estado não atende os critérios de estabilidade de Nash e de Movimento Limitado ($h = 1$) para os jogadores J1 e J2, mostrando que o modelo detecta a insegurança de J1 quanto à manutenção do comportamento de J2 (investimento no controle de vazamentos na rede de abastecimento) e a reação contrária de J2 pela não autorização do aumento de tarifa (receio de descapitalização para manutenção do investimento assumido). Este estado só seria uma boa opção para o Poder Público se houvesse a certeza da continuidade do compromisso do Usuário (caso em que o custo político é menor do que aquele proporcionado pelo estado 10). Entretanto, a não continuidade do investimento por parte do Usuário pode implicar num custo político muito alto para o Poder Público.

4.3.8 – Informações para apoio à tomada de decisão

Considerando a análise dos resultados encontrados, bem como os objetivos da simulação do conflito, as informações fornecidas para apoiar a tomada de decisão são as seguintes:

- a adoção da opção 1 – Outorga + Cobrança sem repasse interessa ao Poder Público, do ponto de vista político e econômico: dá uma satisfação à população, no sentido de estar tomando alguma medida sem penalizá-la economicamente, e passa a auferir uma receita adicional;

- a melhor alternativa, do ponto de vista de efetividade, é a adoção simultânea das opções 1 – Outorga + Cobrança sem repasse e 3 – Tarifação (10%): além da opção 1 levar à população a idéia de que os custos estão sendo rateados, é uma forma de forçar o

comprometimento do Usuário quanto ao investimento no controle de vazamentos na rede de abastecimento;

- a adoção da opção 2 – Outorga + Cobrança com repasse não é aconselhável, face à incerteza quanto ao comprometimento do Usuário.

A alternativa de instituição da cobrança sem repasse do valor cobrado aos consumidores, contraria a tendência geral de implementação da cobrança como ferramenta econômica (e educacional) de redução do consumo. A inclusão de tal alternativa, nesta dissertação, baseia-se nos seguintes fatos:

- dados de pesquisas levadas a efeito (Winpenny, 1994; Tomaz, 2001), indicam que um aumento de 10% na tarifa de água normalmente corresponde a uma retração de 3 a 7% na demanda de água. Considerando o valor (inicial), por exemplo, do Preço Público Unitário de R\$0,02/m³ (dois centavos de real por metro cúbico), definido pelo CEIVAP - Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul para a cobrança pelo uso da água naquela bacia, localizada na região mais economicamente desenvolvida do país (CEIVAP, 2001), e o valor do metro cúbico na tarifa adotada pela CAGEPA no estado da Paraíba (CAGEPA, 2001) e efetuando o cálculo do aumento na conta mensal em função do valor da cobrança e de um aumento de 10% na tarifa, para um consumo residencial de 30 m³, o resultado seria o seguinte: aumento em função da cobrança = R\$0,60 (sessenta centavos de real); aumento em função do reajuste de 10% na tarifa = R\$3,47 (três reais e quarenta e sete centavos). Pode-se ver que a retração de consumo, no primeiro caso, seria muito menor. Além disso, ainda com base no aspecto de elasticidade da demanda, a diferença na retração de demanda, obtida com o acréscimo do valor da cobrança ao do reajuste da tarifa, seria praticamente nula;

- o repasse integral do valor da cobrança aos consumidores não induz a fornecedora da água a investir no controle de vazamentos na rede de abastecimento, responsáveis pela perda de cerca de 40% da água tratada (CAGEPA, 2002);

- sendo assumida uma solução de compromisso entre a concessionária de água e o Poder Público, vinculando o montante percebido do reajuste da tarifa, ao pagamento de financiamentos para os equipamentos e ações necessários ao controle dos vazamentos no sistema de abastecimento, seria possível conseguir, em curto ou médio prazo, uma redução das perdas muito superior à retração da demanda resultante do repasse do valor da cobrança aos consumidores.

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao incorporar conceitos como desenvolvimento sustentável, gerenciamento da demanda de água e gestão descentralizada e participativa, a gestão de recursos hídricos passou a necessitar de ferramentas de apoio à decisão que atendam ao novo processo decisório – multiobjetivo e multiparticipante – e indiquem soluções de compromisso ou de consenso aos decisores.

No caso específico do gerenciamento da demanda urbana de água, verifica-se que a adoção de medidas que induzam ao uso racional da água, ao repercutir sobre todos os segmentos da sociedade, só pode atingir os efeitos desejados a partir da aceitação e envolvimento desses segmentos.

O envolvimento dos diversos grupos pode ser obtido com a implementação de um processo decisório participativo, onde o maior conhecimento dos problemas e de suas conseqüências conduz à vontade de encontrar soluções. A aceitação, como resultado da forma como as soluções são encontradas, isto é, considerando as necessidades de todos os grupos, pode ser alcançada através de soluções de compromisso ou consensuais, do tipo “ganha/ganha”.

Este tipo de tomada de decisão interativa – multiobjetivo, multiparticipante e que conduz a soluções de compromisso ou de consenso – é o objeto de estudo da Análise de Conflitos, através das metodologias e técnicas que a compõem.

No desenvolvimento desta dissertação, o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR foi a técnica de Análise de Conflitos utilizada para a resolução de

conflitos em nível político, apoiando a decisão do Poder Público em um processo de seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água para a cidade de Campina Grande - PB.

Este capítulo, a partir da avaliação da aplicação dessa técnica, apresenta as conclusões inferidas em relação aos objetivos – geral e específicos – desta dissertação, e as recomendações para o prosseguimento da pesquisa efetuada.

5.1 – Conclusões

O GMCR foi aplicado em três situações de tomada de decisão do Poder Público, de modo a serem apontadas soluções que pudessem:

- se constituir em consenso para um grupo de decisores (Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público – item 4.1);
- definir cursos de ação para o Poder Público, visando a aceitação por parte dos demais grupos decisores (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público – item 4.2);
- indicar as combinações de alternativas econômicas que reduzissem o custo político das ações do Poder Público (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público – item 4.3)

Estes conflitos, simulados com base em dados reais, permitiram que fossem inferidas as seguintes conclusões:

5.1.1 – Quanto à implementação do modelo

A implementação do GMCR apresentou as seguintes características:

- a etapa de modelagem, como seria de esperar, é a mais demorada, em função dos cuidados necessários à efetiva representatividade do modelo;
- o uso do SAD GMCR facilita bastante a obtenção da análise de estabilidade;
- a análise de sensibilidade, de fácil execução com o SAD GMCR, permite que qualquer influência exercida pelo modelador, quando da etapa de modelagem do conflito, seja minimizada ou mesmo anulada;

- os resultados são apresentados de forma clara, facilitando a análise por parte do modelador.

5.1.2 – Quanto às informações para a tomada de decisão, fornecidas pelo modelo

Em relação às soluções apresentadas pelo GMCR para o caso da cidade de Campina Grande, verifica-se que:

- a autorização do aumento da tarifa de água é condição necessária ao consenso do Grupo 1 – Poder Público, de preferência associada à instituição de leis que tornem obrigatória a medição individualizada em condomínios e a ações de controle de vazamentos em edificações;
- em termos de aceitabilidade dos vários grupos decisores considerados, a medição individualizada em condomínios e as ações de controle de vazamentos em edificações surgem como as alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água com maior chance de sucesso;
- em termos de minimização das perdas políticas, a autorização do aumento de tarifa da água consumida deve ser feita em conjunto com a outorga de direitos de uso e a cobrança pelo uso da água bruta retirada, sem repasse do valor da cobrança aos consumidores.

Os conflitos foram modelados com base na situação existente no ano 2000: vigência do racionamento de água e consciência da população quanto à gravidade do problema. Entretanto, como não entrou em vigor nenhuma medida que viesse alterar o problema de quantidade de água disponível para o abastecimento d'água da cidade (embora a barragem de Acauã esteja pronta, a adutora não tem data para ser concluída e a situação do reservatório Eptácio Pessoa começa, novamente, a ficar crítica), é razoável supor que não haverá mudanças substanciais nos resultados alcançados por Braga (2001) e, em consequência, que as soluções apontadas pelo GMCR podem ser apresentadas como viáveis para implementação na atualidade.

5.1.3 – Quanto à capacidade do modelo em simular a realidade

Os resultados apresentados nos três tipos de conflitos simulados mostraram a capacidade do modelo em espelhar a realidade.

No conflito apresentado no item 4.1 (Conflito de Opiniões no Grupo I – Poder Público), o GMCR conseguiu detectar o foco do conflito, indicando que, para haver consenso no grupo, era necessária a adoção do aumento de 10% na tarifa de água consumida.

O resultado apresentado no conflito do item 4.2 (Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público), em que um dos equilíbrios apontados pelo GMCR é a continuação do *status quo*, ou seja, a não adoção de medidas de gerenciamento da demanda na cidade de Campina Grande, indica que o modelo representou bem o posicionamento dos decisores (principalmente do Poder Público), visto que esta é a situação ainda hoje vigente na cidade. É importante ressaltar que tal resultado não significa que o *status quo* seja uma solução para os crônicos problemas de abastecimento d'água de Campina Grande; o resultado vem confirmar que o modelo consegue detectar as situações em que o Poder Público pode minimizar o custo político das suas decisões.

O conflito apresentado no item 4.3 (Conflito de Interesses na Adoção de Medidas pelo Poder Público) tem uma característica especial em relação aos outros dois: não se trata de encontrar soluções de consenso entre alternativas de maior preferência, mas de verificar as combinações de opções – com baixa preferência para alguns grupos decisores – que podem se constituir em solução de melhor aceitação. Os resultados obtidos demonstram a capacidade do modelo em interpretar com fidelidade as condições e objetivos do conflito modelado. A solução indicada para adoção da outorga de direitos de uso aliada à cobrança pelo uso da água bruta retirada, sem repasse do valor da cobrança aos consumidores, e ao reajuste da tarifa de água consumida:

- vem ao encontro das aspirações do Poder Público (encontrar uma forma de induzir a concessionária a investir no controle de vazamentos da rede de abastecimento);
- dá, ao Poder Público, poder de negociação com os demais grupos envolvidos, ao mesmo tempo em que reduz o custo político das medidas; e
- corrobora os resultados encontrados nos dois outros conflitos simulados, evidenciando a pouca preocupação do Poder Público em relação à necessidade

de medidas educacionais no gerenciamento da demanda urbana de água para a cidade.

Vale ressaltar que, ao lado desta solução, o outro caminho apontado pelo GMCR para este conflito (não mantido na análise de sensibilidade) foi o de adoção da outorga de direitos de uso aliada apenas à cobrança pelo uso da água bruta retirada, com repasse do valor da cobrança aos consumidores (sem reajuste na tarifa de água consumida), em uma indicação de que o modelo conseguiu detectar uma tendência de amadurecimento da sociedade em relação aos problemas de recursos hídricos da cidade. Isto permite concluir que, no futuro, a função educacional da cobrança pelo uso da água poderá ser implementada sem maiores prejuízos políticos ao Poder Público, sendo os custos da cobrança repassados à sociedade sem afetar o comprometimento da concessionária quanto ao controle de vazamentos na rede de abastecimento.

5.1.4 – Quanto aos objetivos da dissertação

A avaliação positiva obtida pelo GMCR – em relação à implementação, às informações fornecidas para a tomada de decisão e à capacidade de simular a realidade – permite concluir pela viabilidade:

- de utilização de técnicas de Análise de Conflitos e, especificamente, do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR, como ferramentas de apoio à decisão no gerenciamento da demanda urbana de água;
- de identificação de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água para a cidade de Campina Grande – PB, que se constituam em soluções de consenso para os grupos decisores.

5.2 – Recomendações

A conclusão a que se chegou, quanto à viabilidade da utilização de técnicas de Análise de Conflitos e, especificamente, do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos em problemas de gerenciamento da demanda urbana de água, abre um vasto campo de

pesquisa, principalmente pelo fato desse tipo de gestão estar ainda incipiente no Brasil e, em particular, no estado da Paraíba.

A falta de vontade política em investir no gerenciamento da demanda urbana de água pode ser um reflexo:

- da necessidade de adoção de muitas medidas não estruturais, o que contraria a prática tradicional de gestão; e
- da falta de informação mais detalhada, em especial no que diz respeito a dados consistentes sobre 'redução de consumo x custo de implantação das medidas x redução de gastos em obras para aumento da oferta de água'.

Neste sentido, recomenda-se a continuidade da pesquisa:

- definindo o perfil de consumo e dos consumidores da cidade de Campina Grande;
- verificando dados reais da redução de consumo proporcionada por cada alternativa de gerenciamento da demanda urbana de água e os custos de implantação de cada medida;
- definindo as projeções de aumento da demanda em um dado horizonte temporal;
- realizando uma análise de custos de implantação de alternativas de aumento da oferta de água;
- efetuando uma análise comparativa entre os custos do gerenciamento da oferta e da demanda; e
- fazendo um estudo dos resultados que podem ser obtidos com a aplicação de uma efetiva gestão de recursos hídricos para a cidade de Campina Grande, ou seja, considerando a adoção conjunta de medidas de gerenciamento da oferta e da demanda de água, de forma sustentável, descentralizada e participativa.

Em um outro sentido, recomenda-se a continuidade da pesquisa, com a base de dados aqui utilizada -- mas fazendo uso do SAD GMCR II, que comporta um maior número de jogadores e opções (Fang *et al*, 1999) -- de modo a permitir o estudo de outros conflitos, entre os quais:

- definição de consensos para os decisores do grupo Sociedade Civil;
- resolução dos conflitos de opiniões entre os representantes da concessionária e da indústria, em relação à avaliação das treze alternativas propostas por Braga (2001);

- definição das alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água, considerando todos os grupos e todas as treze alternativas pesquisadas em Braga (2001);
- simulação de conflitos com ênfase na ótica dos usuários e/ou dos consumidores;
- simulação de conflitos envolvendo negociação e barganha.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, A. *Decision making in multi-party regional water conflicts*. 2001. IAHS, nº 272 (Proceedings of a symposium held at Davis, California, April 2000), p. 19-24.

AGUA ON LINE – SANEAMENTO. *Prefeituras recebem água de reuso*. 2002. Disponível em: www.aguaonline.com.br. Acesso em: 29/01/2002.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Legislação/Disponibilidade Hídrica no Brasil*. 2002. Disponível em: www.ana.gov.br. Acessos em: 29/01/2002 e 01/10/2002.

ATECEL – ASSOCIAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA ERNESTO LUIZ DE OLIVEIRA JÚNIOR. *Projeto Multilagos – Estudo de Viabilidade Técnica*. Campina Grande: ATECEL, 1995.

AZEVEDO, L. G. *Recursos Hídricos no Mundo*. In: Fórum Águas, 1, São Paulo, 2002. Anais... Disponível em: www.worldbank.org. Acesso em: 11/06/2002.

BARTH, F. T. *Questionário sobre Manejo de Recursos Hídricos*. In: Relatório Nacional sobre o Gerenciamento da Água no Brasil. TUCCI *et al*, 2000.

BASAR, T.; OLSDER, G. J. *Dynamic Noncooperative Game Theory*. London: Academic Press Inc. Ltd., 1982.

BENNETT, P. G. *Toward a theory of hypergames*. 1977. OMEGA, v. 5, nº 6, p. 749-751.

BLACKWELL, D. H. *Teoria dos Jogos*. In: Pesquisa Operacional como instrumento de gerência. McCloskey, J. F., Trefethen, F. N. (Org.). Rio de Janeiro: USAID, 1966.

BRAGA, C. F. C. *Análise Multicriterial e Multidecisória no Gerenciamento da Demanda Urbana de Água*. 2001. 191f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos) – Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

BRAGA, B.; BARBOSA, P. S. F.; NAKAYAMA, P. T. *Sistemas de Suporte à Decisão em Recursos Hídricos*. 1998. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, nº. 3, p. 73-75.

BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, LANDS AND PARKS. *Water Conservation Strategy*. 1999. Disponível em: www2.gov.bc.ca. Acesso em: 27/08/2001.

CAGEPA – COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA. *Estrutura tarifária de abastecimento de água da CAGEPA*. João Pessoa: CAGEPA, 2001.

_____. *Atendimento Relativo à População Urbana de Cada Regional – Regional da Borborema*. 2002. Disponível em: www.cagepa.pb.gov.br. Acesso em: 15/03/2002.

CÁNEPA, E. M.; GRASSI, L. A. T. *A Lei das Águas do RS: no caminho do desenvolvimento sustentável?*. 2001. Disponível em: www.pesquisa.ufpr.br. Acesso em: 07/10/2002.

CARVALHO, F. P. *Novos Paradigmas Hídricos*. 1998. Disponível em: www.cagepa.pb.gov.br. Acesso em: 14/10/2001.

CEIVAP – COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. *Deliberação CEIVAP nº 8, de 6 de dezembro de 2001*. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/>. Acesso em: 02/10/2002.

COELHO, A. C.; MAYNARD, J. C. B. *Experiência de Medição Individualizada de Apartamento em Edifícios Antigos*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20º, Rio de Janeiro, 1999. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999.

COGERH – COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ. *Legislação/Comitês/Cobrança*. 2002. Disponível em: <http://www.cogerh.ce.gov.br/>. Acesso em: 14/10/2002.

CONSERVATION TECHNOLOGY INFORMATION CENTER – CTIC. *Managing Conflict: A Guide for Watershed Partnerships*. 2000. Disponível em: <http://www.ctic.org/>. Acesso em: 29/07/2002.

CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Composição do CNRH*. 2002. Disponível em: <http://www.cnrh.org.br/>. Acesso em: 02/10/2002.

FALKENMARK, M.; WIDSTRAND, C. *Population and water: A delicate balance*. Population Bulletin, 1992 *apud* LANNA, 1999.

FANG, L.; BAPTISTA, M. V. S.; BORDECKI, M. *Sistemas de Gestão Ambiental*. Versão para validação. Brasília: CNI/SENAI, 2001.

FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. D. *Interactive Decision Making: The Graph Model for Conflict Resolution*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1993.

FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. D.; PENG, X. *The Decision Support System GMCR II*. Abstract. 1999. Disponível em: <http://www.bush.com/>. Acesso em: 15/03/2002.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION. *Water Resources: Economics and Policy*. 2002a. Disponível em: www.fao.org. Acesso em: 13/03/2002.

Water Policies and Demand Management. 2002b. Disponível em: www.fao.org. Acesso em: 13/03/2002.

FERNÁNDEZ-JÁUREGUI, C. A. *El agua como fuente de conflictos: repaso de los focos de conflictos en el mundo*. 1999. In: UNESCO – Programa Hidrológico Internacional. Disponível em: www.unesco.org. Acesso em: 28/08/2002.

FRASER, N. M.; HIPEL, K. W. *Conflict analysis: models and resolutions*. New York: Elsevier Science Publishing Co., Inc., 1984.

GAMA, A. M. C. F. *Planejamento e Gestão Ambiental para a Bacia do Rio Pirapama – PE – Brasil*. 2000. Disponível em: www.oige.org.br. Acesso em: 23/11/2001.

GLADWELL, J. S. *Conocimiento, Transferencia de Tecnología, y Redes*. In: Informe Final del Taller sobre Evaluación e Implementación de las Iniciativas sobre Recursos Hídricos y Areas Costeras en la Región – Gestion Integrada de Recursos Hídricos en Mesoamerica. Anexo 4.1. Panamá: OEA, 1997.

GLEICK, P. H. *The World's Water*. 1998. Disponível em: www.pwh.org. Acesso em: 15/10/2002.

GOMES, H. P. *Engenharia de Irrigação – Hidráulica dos Sistemas Pressurizados Aspersão e Gotejamento*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999.

GONDIM, R. S. *Difusão da Captação de Água de Chuvas no Financiamento Rural*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3º, Campina Grande, 2001. Anais... Disponível em CD-ROM.

GUARISO, G.; WERTHNER, H. *Environmental Decision Support Systems*. Chichester, UK: Ellis Horwood Limited Publishers, 1989 *apud* SIMONOVIC, S. P. (1996).

HEAP, S. H. *et al. The Theory of Choice: A Critical Guide*. Oxford, UK: Blackwell Publishers, 1992.

HOMER-DIXON, T. F. *On the Threshold: Environmental Changes as Cause of Acute Conflict*. 1991. *International Security*, v. 16, nº. 2, p. 76-116.

HOWARD, N. *Paradoxes of Rationality: Theory of Metagames and Political Behavior*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1971.

HUFSCHMIDT; KINDLER. *Planificación y Manejo Integrado de los Recursos Hídricos*. UNESCO, 1991 *apud* GLADWELL, 1997.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2000 – Resultados do universo*. 2000. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 21/09/2002.

ICAR – INSTITUTE OF CONFLICT ANALYSIS & RESOLUTION. *The Field of Conflict Analysis and Resolution*. 2001. Disponível em: www.icar.edu. Acesso em: 28/07/2002.

JOHNSTON, R. *Water Supply and Management in the APEC Region*. 1998. Disponível em: www.aicda.org/apec. Acesso em: 28/08/2002.

LANNA, A. E. *Introdução*. In: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS – ABRH, 1997.

_____. *Hidroeconomia*. In: REBOUÇAS, A., BRAGA, B., TUNDISI, J. Águas doces no Brasil. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados do Brasil, 1999.

LANNA, A. E. L.; PEREIRA, J. S.; HUBERT, G. *Os Novos Instrumentos de Planejamento do Sistema Francês de Gestão de Recursos Hídricos: II – Reflexões e Propostas para o Brasil*. 2002. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, nº. 2, p. 109-120.

LMRS – LABORATÓRIO DE METEOROLOGIA E SENSORIAMENTO REMOTO DA PARAÍBA. *Volume do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)*. 2002. Disponível em: www.lmrs-servuap.ufpb.br/midias/. Acessos em: 30/07/2002, 01/09/2002, 29/10/2002.

LOPES, M. *Brasil desperdiça 40% da água captada*. In: Folha do Meio Ambiente, Ano 11, Edição 106. Brasília, DF, 2000.

LUCE, R. D.; RAIFA, H. *Games and Decisions*. New York: Wiley, 1957.

LUND, J. R. *Approaches to Water Planning*. 2001. Disponível em: www.usdams.edu. Acesso em: 28/08/2002.

MALTA, V. F. *Avaliação do Modelo Grafo de Solução de Conflitos em Problemas de Recursos Hídricos no Brasil*. 2000, 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programas de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

McCAIN, R. A. *Game Theory: An introductory sketch*. 2002. Disponível em: www.theseis.com. Acesso em: 22/08/2002.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. *Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. 2002. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em: 29/01/2002.

MOSTERT, E. *A framework for conflict resolution*. 1998. Water International, v. 23, nº. 4, p. 206-215.

MOTA, S.; AQUINO, M. D. *Gestão Ambiental*. In: *Gestão de Águas: princípios e práticas*. CAMPOS, N.; STUDART, T. (Organizadores). Porto Alegre: ABRH, 2001.

MP-PB – MINISTÉRIO PÚBLICO DA PARAÍBA. *Relatório sobre Riscos de Colapso do Sistema de Abastecimento d'Água com Apoio no Manancial Boqueirão – Recomendações e Sugestões Iniciais*. 1998a. Campina Grande: Grupo Permanente de Assessoramento Técnico ao 2º Centro de Apoio Operacional às Curadorias – 2º CAOP., 1998.

_____. *Lauda Técnico sobre o Risco de Colapso dos Sistemas de Abastecimento d'Água Supridos pelo Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)*. 1998b. Campina Grande: Grupo Permanente de Assessoramento Técnico ao 2º Centro de Apoio Operacional às Curadorias – 2º CAOP., 1998.

_____. *Parecer Resultante da Análise Comparativa de Estudos Técnicos sobre Problemas do Abastecimento d'Água, com Base em Reserva Tangível do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)*. 1999. Campina Grande: Grupo Permanente de Assessoramento Técnico ao 2º Centro de Apoio Operacional às Curadorias – 2º CAOP., 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Mexico City's water supply: Improving the outlook for sustainability*. 1995. Disponível em: www.nrc.org.mx. Acesso em: 21/08/2001.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. *Policy Case Studies on Consumption and the Environment*. 2002. Disponível em: www.oecd.org. Acesso em: 16/10/2002.

OKADA, N.; HIPEL, K. W.; OKA, Y. *Hypergame Analysis of the Lake Biwa Conflict*. 1985. *Water Resources Research*, v. 21, nº. 7, p. 917-926.

_____. *A Hierarchical Gaming Approach for the Resolution of Water Resources Conflicts*. 1984. Tech. Rep. 84013, Department of Applied Mathematics and Physics, Kyoto University.

OHLSSON, L. *Water Scarcity and Conflict*. 2000. Disponível em: <http://director.google.com>. Acesso em: 25/08/2002.

OHLSSON, L. *et al. The Role of Water and the Origins of Conflict*. In: *Hydropolitics: conflicts over water as a development constraint*. Ohlsson, L. (ed). London: Zed Books Ltd., 1995.

OSBORNE, M. J.; RUBINSTEIN, A. *A Course in Game Theory*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1994.

PACIFIC INSTITUTE FOR STUDIES IN DEVELOPMENT, ENVIRONMENT AND SECURITY. *Water Conflict Chronology*. 2000. Disponível em: www.worldwater.org. Acesso em: 15/10/2002.

PMCG – PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE. *Perfil do Município de Campina Grande*. 2002. Disponível em: www.pmcg.pb.gov.br. Acesso em: 16/03/2002.

PMSP – PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. *Lei Municipal nº. 13.276, de 4 de Janeiro de 2002*. 2002. Disponível em: <http://vm2.sp.leg.br>. Acesso em: 29/04/2002.

PNCDA – PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. *Conservação nos sistemas públicos de abastecimento de água. Diretrizes gerais*. 2000. Disponível em: www.pncda.gov.br. Acesso em: 15/03/2002.

POSTEL, S. *The last oasis: facing water scarcity*. London: Earthscan (Worldwatch Environmental Alert Series), 1992.

REGIONAL MUNICIPALITY OF WATERLOO. *Regional water services*. 2000. Disponível em: www.region.waterloo.on.ca. Acesso em: 23/01/2002.

RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R. *Uma Análise da Crise de 1998-2000 no Abastecimento d'Água de Campina Grande – PB*. In: SIMPÓSIO DE

RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, V, Natal, 2000. Anais... Natal: ABRH, 2000. p. 459-468.

RIBEIRO, M. M. R. *Análise de Conflitos em Recursos Hídricos Baseada na Teoria dos Jogos*. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, I, Recife, 1992. Anais... Recife: ABRH, 1992.

RIBEIRO, M. M. R., LANNA, A. E., ROCHA, M. S. W. *Estruturas de Cobrança pelo Uso da Água: reflexões sobre algumas alternativas*. 1998. Disponível em: www.ufgsp.br/6h/. Acesso em: 14/10/2001.

ROGERS, P. *Water in the 21st Century – The Looming Crisis Averted?*. 2000. Disponível em: www.worldwatch.org/. Acesso em: 14/12/2001.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO. *Ações do PURA*. 2002. Disponível em: www.sabesp.com.br/pura/. Acesso em: 15/10/2002.

SAVENIJE, H. H. G.; VAN DER ZAAG, P. *Water as an Economic Good and Demand Management: Paradigms and Pitfalls*. 2002. *Water International*, v. 27, nº. 1, p. 98-104.

SCHMIDT, M. *Rainwater Harvesting in Germany – New Concepts for the Substitution of Drinking Water, Flood Control and Improving the Quality of the Surface Waters*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3º, Campina Grande, 2001. Anais... Disponível em CD-ROM.

SEMARH – SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS DO ESTADO DA PARAÍBA. *Planejamento e Gestão/ Legislação*. 2002. Disponível em: www.semarh.pb.gov.br/. Acessos em: 29/01/2002, 13/09/2002 e 20/09/2002.

Plano das
Águas: Meio Ambiente Gestão Infra-Estrutura . Brasília: Ipiranga, 2001.

SHIKLOMANOV, I. A. *World Fresh Water Resources*. In: Gleick (ed), 1993 *apud* OHLSSON, 1995.

SIGRH-SP - SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Planos Diretores/Comitês de Bacias Hidrográficas*. 2002. Disponível em: www.sigrh.sp.gov.br. Acesso em: 20/09/2002.

SIMONOVIC, S. P. *Application of Water Resources Systems Concept to the Formulation of a Water Master Plan*. 1989. *Water International*, v. 14, nº. 1, p. 37-51.

_____. *Decision Support Systems for Sustainable Management Resources. General Principles*. 1996. *Water International*, v. 21, nº. 1, p. 223-232.

SRH-CE – SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ. *Política estadual de recursos hídricos*. 2002. Disponível em: www.sta.ce.gov.br. Acesso em: 12/10/2002.

TATE, D. *Vision 21 – An Overview of Water Demand Management and Conservation*. 2001. Disponível em: www.wri.org. Acesso em: 13/03/2002.

TAVARES, V. E.; LANNA, A. E. *A Abordagem Custo-Benefício e a Gestão dos Recursos Hídricos*. 1998. Disponível em: www.cnpq.br/epi/lananna/poskos. Acesso em: 14/10/2001.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. *Relatório Nacional sobre o Gerenciamento da Água no Brasil*. 2000. Disponível em: www.prosaga.br/res/mobil/nc00. Acesso em: 11/10/2002.

TOMAZ, P. *Economia de Água para Empresas e Residências: Um Estudo Atualizado Sobre o Uso Racional da Água*. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

UBBELS, A.; VERHALLEN, A. J. M. *Colaborative planning in integrated water resources management: the use of decision support tools*. 2001. IAHS, n°. 272 (Proceedings of a symposium held at Davis, California, April 2000), p. 37-43.

UNITED NATIONS POPULATION DIVISION. *World Urbanization Prospects: The 2001 Revision*. New York: United Nations, 2002.

UNITED NATIONS DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World*. 1999. Disponível em: www.un.org. Acesso em: 16/09/2002.

VAN DE VEN, F.; CAPON, J.; UBBELS, A.; VAN WAVEREN, H.; VAN STIJN, T.; VAN DER TOL, M. *AQUEST: Search for improved support for decision makers in water policy development*. 2001. IAHS, n°. 272 (Proceedings of a symposium held at Davis, California, April 2000), p. 57-61.

VAN HOFWEGEN, P. J. M.; JASPERS, F. G. W. *Marco Analítico para el Manejo Integrado de Recursos Hídricos – Lineamientos para la evaluación de marcos institucionales*. Washington, DC: BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2000.

WALKER, P. *An Outline of the History of Game Theory*. 1995. Disponível em: <http://econ.cba.uh.edu/~pwalker/>. Acesso em: 29/04/2002.

WINPENNY, J. *Managing water as an economic resource*. London, UK: Routledge, 1994.

WOLF, A. T. *Conflict and Cooperation along International Waterways*. 1998. *Water Policy*, v.1, n°. 2, p. 251-265.

WORLD WATER COMMISSION. *World Water Commission on Water for the 21st Century: Policy Statements*. 2000. Disponível em: www.worldwater.org. Acesso em: 14/12/2001.

ANEXO 1 – ILUSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO DO GMCR

ILUSTRAÇÃO DA APLICAÇÃO DO GMCR

Com a finalidade de ilustrar os conceitos descritos no item 3.1.5 – Caracterização Metodológica do Modelo, é apresentada a aplicação do GMCR a um conflito hipotético conhecido como ‘Game of Chicken’ e que consiste em “dois motoristas (J1 e J2) que estão dirigindo em rota de colisão, em alta velocidade. Cada um deles pode desviar (S), evitando a colisão, ou não desviar (N), colidindo frontalmente. Se um motorista desviar e o outro não, aquele que desviou é humilhado e o outro ganha o jogo; se os dois desviarem, a humilhação é menor e o jogo fica empatado.”

Em se tratando de um jogo de dois jogadores (J1 e J2) com duas opções (S e N), o total de estados é $2^m = 2^2 = 4$ estados, que são numerados e representados pela combinação literal das opções (neste caso, a primeira letra indica a opção adotada por J1 e a segunda letra indica aquela adotada por J2):

- Estado 1 (NN) – nenhum jogador desvia e ocorre a colisão frontal;
- Estado 2 (NS) – o jogador 1 (J1) não desvia e o jogador 2 (J2) desvia: J1 vence e J2 é humilhado;
- Estado 3 (SN) – o jogador 2 (J2) não desvia e o jogador 1 (J1) desvia: J2 vence e J1 é humilhado;
- Estado 4 (SS) – ambos os jogadores desviam e o jogo fica empatado.

Em seguida são atribuídas as preferências dos jogadores a esses estados:

- Para J1, o estado mais preferido é aquele em que ele vence o jogo (estado 2 (NS)), o qual recebe preferência 4; em seguida, o estado 4 (SS), em que não há vencedor

(preferência 3); depois o estado 3 (SN), em que J2 vence (preferência 2); e, por último, o estado 4 (NN), com preferência 1, é o estado menos preferido;

- Para J2, o estado mais preferido é o estado 3 (SN), em que ele vence (preferência 4), seguido do estado 4 (SS) com preferência 3, do estado 2 (NS) com preferência 2 e do estado 1 (NN) com preferência 1.

Os vetores de preferências dos jogadores, então, são $P_1 = \{1, 4, 2, 3\}$, para J1 e $P_2 = \{1, 2, 4, 3\}$, para J2. A posição dos números entre as chaves refere-se ao número do estado.

Definidos os jogadores (J1 e J2), suas opções (S e N), os estados possíveis do conflito (NN, NS, SN e SS) e os vetores de preferências dos jogadores (P_1 e P_2), termina a etapa de modelagem do GMCR e é iniciada a etapa de análise.

Para o cálculo das estabilidades individuais, é necessário saber quais os movimentos unilaterais possíveis a cada jogador (listas de alcance $S_i(k)$) e quais desses movimentos consistem em melhoramentos unilaterais (listas de melhoramentos unilaterais $S_i^+(k)$).

Como o movimento unilateral consiste na mudança de estado provocada pela mudança de opção do jogador em consideração no momento, para o Game of Chicken:

- Para J1: pode mover-se do estado 1 (NN) para o estado 3 (SN), e vice-versa, e do estado 2 (NS) para o estado 4 (SS), e vice-versa (notar que apenas a primeira letra de cada estado, referente à opção de J1, pode ser alterada);

- Para J2: pode mover-se do estado 1 (NN) para o estado 2 (NS) e vice-versa, e do estado 3 (SN) para o estado 4 (SS) e vice-versa.

Então, $S_1(k) = \{3, 4, 1, 2\}$ e $S_2(k) = \{2, 1, 4, 3\}$, para J1 e J2, respectivamente; a posição dos números entre as chaves refere-se aos números dos estados.

Para definir os melhoramentos unilaterais, verifica-se se a movimentação a partir do estado k leva a um estado mais preferido, o que é feito para cada estado do ponto de vista de cada jogador. Por exemplo, o movimento de J1 do estado 1 ($P_1(1) = 1$) para o estado 3 ($P_1(3) = 2$) é um melhoramento unilateral para J1, mas o inverso (do estado 3 para o estado 1) não o é. Analisados, sob esta ótica, os movimentos que constituem as listas de alcance dos dois jogadores, as listas de melhoramentos unilaterais são: $S_1^+(k) = \{3, -, -, 2\}$, para J1 e $S_2^+(k) = \{2, -, -, 3\}$, para J2. Novamente, a posição dos números entre as chaves refere-se aos números dos estados e '-' indica que não há melhoramento unilateral no movimento feito a partir do estado correspondente.

A Tabela A.1 mostra os estados do conflito, e os vetores de preferências, as listas de alcance e de melhoramentos unilaterais dos jogadores, sendo:

- Estados – o número e a combinação das opções que definem os k ($k = 1$ a 4) estados do conflito;
- $P_i(k)$ – vetor de preferências do jogador i ($i = 1, 2$);
- $S_i(k)$ – lista de alcance do jogador i ($i = 1, 2$);
- $S_i^+(k)$ – lista de melhoramentos unilaterais do jogador i ($i = 1, 2$);
- ‘-’ – indica que não há melhoramento unilateral para os movimentos permitidos a partir o estado correspondente.

Tabela A.1 – Estados, preferências, listas de alcance e de melhoramentos unilaterais.

Estados	$P_1(k)$	$P_2(k)$	$S_1(k)$	$S_2(k)$	$S_1^+(k)$	$S_2^+(k)$
1 (NN)	1	1	3	2	3	2
2 (NS)	4	2	4	1	-	-
3 (SN)	2	4	1	4	-	-
4 (SS)	3	3	2	3	2	3

[Estados – número k ($k = 1$ a 4) e opções selecionadas dos estados do conflito; $P_i(k)$ – vetor de preferências de i ($i = 1, 2$); $S_i(k)$ – lista de alcance de i ; $S_i^+(k)$ – melhoramentos unilaterais de i]

Inicia-se o cálculo das estabilidades, aplicando os critérios de estabilidade do GMCR a cada estado do conflito, considerando o ponto de vista de cada jogador. Para cada critério de estabilidade serão apresentados exemplos de cálculo de estabilidade, sendo os resultados totais apresentados na tabela A.2.

- Estabilidade de Nash (R) – pela definição, consiste em verificar os estados para os quais não há melhoramento unilateral para o jogador. Assim, os estados 2 e 3 são Nash estáveis para J1 e J2;

- Estabilidade Meta-racional Geral (GMR) – considere-se o estado 4 para J2; na Tabela 3.2 pode ser visto que há um melhoramento unilateral para J2 a partir deste estado: ele pode mover-se para o estado 3 [$(P_2(3) = 4) > (P_2(4) = 3)$]. Mas J1 pode mover-se do estado 3 para o estado 1 ($P_2(1) = 1$), que é menos preferido para o J2 do que o estado 4. Assim, o estado 4 é GMR estável para J2. Observa-se que J2 considera que J1 se moverá, mesmo para um estado menos preferido por ele próprio, desde que esse estado implique também

em um estado menos preferido para J2 do que aquele para onde J2 havia movido o conflito;

- Estabilidade Meta-racional Simétrica (SMR) – novamente considera-se o estado 4 para J2, com o melhoramento unilateral do movimento para o estado 3; do estado 3, J1 pode ir para o estado 1, que é menos preferido para J2; em reposta, J2 pode mover-se para o estado 2, que é menos preferido para J2 do que o estado 4. Assim, o estado 4 é SMR estável para J2;

- Estabilidade seqüencial (SEQ) – considerando, mais uma vez, o estado 4 para o J2, vê-se que há um melhoramento unilateral quando ele se move para o estado 3; entretanto, J1 não tem um melhoramento unilateral a partir do estado 3, o qual é necessário para o seu movimento (pela definição da estabilidade seqüencial). Assim, o estado 4 não é SEQ estável para J2;

- Estabilidade de Movimento Limitado (L_h) – como a definição apresentada no item 3.1.5 diz respeito a jogos com n ($n > 2$) jogadores, este critério de estabilidade é definido agora, considerando a sua aplicação a jogos com dois jogadores. O exemplo de cálculo desta estabilidade, apresentado em seguida, permite visualizar a complexidade encontrada no cálculo para jogos com mais de dois jogadores e com a possibilidade de movimento para vários estados a partir de um dado estado k .

Definição: Seja $i \in N$. Um estado $k \in U$ é L_h estável, com horizonte h , para o jogador i , se e somente se $G_h(i, k) = k$.

$G_h(i, k)$, denominado de ‘vetor de antecipação’, é o estado final (antecipado) de um jogo começado no estado inicial k com o movimento inicial feito pelo jogador i :

$$G_h(i, k) = \begin{cases} k, & \text{se e somente se } S_i(k) = \emptyset \text{ ou } P_i(k) \geq A_h(i, k) \\ G_{h-1}(j, M_h(i, k)) & \text{se e somente se } S_i(k) \neq \emptyset \text{ e } P_i(k) < A_h(i, k) \end{cases}$$

onde

$$A_h(i, k) = P_i(G_{h-1}(j, M_h(i, k)))$$

e

$M_h(i, k)$ é o estado $q^* \in S_i(k)$ que satisfaz $P_i(G_{h-1}(j, q^*)) = \max\{P_i(G_{h-1}(j, q)) : q \in S_i(k)\}$.

Por definição, $G_0(i, k) = k$.

Para esclarecer tais conceitos, será feito o cálculo da estabilidade de movimento limitado (L_h) para $h = 1$ e $h = 2$, considerando o Game of Chicken.

Os vetores de preferências dos jogadores são: $P_1 = (1, 4, 2, 3)$ e $P_2 = (1, 2, 4, 3)$, considerando-se que $i = 1$ e $j = 2$.

$M_h(i, k)$ é representado pelas listas de alcance dos jogadores. Assim:

Para $h = 1$:

$$M_1 = \begin{cases} 3 & 4 & 1 & 2 & (S_1(k)) \\ 2 & 1 & 4 & 3 & (S_2(k)) \end{cases}$$

Calcula-se $A_1(i, k)$, da seguinte forma (lembrando que $G_0(i, k) = k$):

Para J1:

$$A_1(1, 1) = P_1(G_0(2, M_1(1, 1))) = P_1(G_0(2, 3)) = P_1(3) = 2$$

$$A_1(1, 2) = P_1(G_0(2, M_1(1, 2))) = P_1(G_0(2, 4)) = P_1(4) = 3$$

$$A_1(1, 3) = P_1(G_0(2, M_1(1, 3))) = P_1(G_0(2, 1)) = P_1(1) = 1$$

$$A_1(1, 4) = P_1(G_0(2, M_1(1, 4))) = P_1(G_0(2, 2)) = P_1(2) = 4$$

Para J2:

$$A_1(2, 1) = P_2(G_0(1, M_1(2, 1))) = P_2(G_0(1, 2)) = P_2(2) = 2$$

$$A_1(2, 2) = P_2(G_0(1, M_1(2, 2))) = P_2(G_0(1, 1)) = P_2(1) = 1$$

$$A_1(2, 3) = P_2(G_0(1, M_1(2, 3))) = P_2(G_0(1, 4)) = P_2(4) = 3$$

$$A_1(2, 4) = P_2(G_0(1, M_1(2, 4))) = P_2(G_0(1, 3)) = P_2(3) = 4$$

$$\text{Então, } A_1 = \begin{cases} 2 & 3 & 1 & 4 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \end{cases}$$

Calcula-se, a seguir, o vetor de antecipação $G_1(i, k)$, verificando se $P_i(k) \geq A_h(i, k)$ e aplicando a definição de $G_h(i, k)$:

$$P_1(1) = 1 \text{ e } A_1(1, 1) = 2 \Rightarrow G_1(1, 1) = G_0(2, M_1(1, 1)) = G_0(2, 3) \Rightarrow G_1(1, 1) = 3$$

$$P_1(2) = 4 \text{ e } A_1(1, 2) = 3 \Rightarrow G_1(1, 2) = 2$$

$$\begin{aligned}
P_1(3) = 3 \text{ e } A_1(1, 3) = 1 &\Rightarrow & G_1(1, 3) = 3 \\
P_1(4) = 3 \text{ e } A_1(1, 4) = 4 &\Rightarrow & G_1(1, 4) = G_0(2, M_1(1, 4)) = G_0(2, 2) \Rightarrow G_1(1, 4) = 2 \\
P_2(1) = 1 \text{ e } A_1(2, 1) = 2 &\Rightarrow & G_1(2, 1) = G_0(1, M_1(2, 1)) = G_0(1, 2) \Rightarrow G_1(2, 1) = 2 \\
P_2(2) = 2 \text{ e } A_1(2, 2) = 1 &\Rightarrow & \Rightarrow G_1(2, 2) = 2 \\
P_2(3) = 4 \text{ e } A_1(2, 3) = 3 &\Rightarrow & \Rightarrow G_1(2, 3) = 3 \\
P_2(4) = 3 \text{ e } A_1(2, 4) = 4 &\Rightarrow & G_1(2, 4) = G_0(1, M_1(2, 4)) = G_0(1, 3) \Rightarrow G_1(2, 4) = 3
\end{aligned}$$

É feita a análise da estabilidade em L(1):

Para J1: $k = 1 \Rightarrow G_1(1, 1) = 3$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 1 não é L(1) estável para J1

$k = 2 \Rightarrow G_1(1, 2) = 2$ (igual a k) \Rightarrow o estado 2 é L(1) estável para J1

$k = 3 \Rightarrow G_1(1, 3) = 3$ (igual a k) \Rightarrow o estado 3 é L(1) estável para J1

$k = 4 \Rightarrow G_1(1, 4) = 2$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 4 não é L(1) estável para J1

Para J2: $k = 1 \Rightarrow G_1(2, 1) = 2$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 1 não é L(1) estável para J2

$k = 2 \Rightarrow G_1(2, 2) = 2$ (igual a k) \Rightarrow o estado 2 é L(1) estável para J2

$k = 3 \Rightarrow G_1(2, 3) = 3$ (igual a k) \Rightarrow o estado 3 é L(1) estável para J2

$k = 4 \Rightarrow G_1(2, 4) = 3$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 4 não é L(1) estável para J2

Pode-se ver que os estados 2 e 3 são L(1) equilíbrios.

A seguir é apresentado o cálculo da estabilidade L(2).

Para $h = 2$:

$$M_2 = \begin{cases} 3 & 4 & 1 & 2 & (S_1(k)) \\ 2 & 1 & 4 & 3 & (S_2(k)) \end{cases}$$

$$G_1 = \begin{cases} 3 & 2 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 3 \end{cases}$$

Cálculo de A_2 :

Para J1:

$$A_2(1, 1) = P_1(G_1(2, M_2(1, 1))) = P_1(G_1(2, 3)) = P_1(3) = 2$$

$$A_2(1, 2) = P_1(G_1(2, M_2(1, 2))) = P_1(G_1(2, 4)) = P_1(3) = 2$$

$$A_2(1, 3) = P_1(G_1(2, M_2(1, 3))) = P_1(G_1(2, 1)) = P_1(2) = 4$$

$$A_2(1, 4) = P_1(G_1(2, M_2(1, 4))) = P_1(G_1(2, 2)) = P_1(2) = 4$$

Para J2:

$$A_2(2, 1) = P_2(G_1(1, M_2(2, 1))) = P_2(G_1(1, 2)) = P_2(2) = 2$$

$$A_2(2, 2) = P_2(G_1(1, M_2(2, 2))) = P_2(G_1(1, 1)) = P_2(3) = 4$$

$$A_2(2, 3) = P_2(G_1(1, M_1(2, 3))) = P_2(G_1(1, 4)) = P_2(2) = 2$$

$$A_2(2, 4) = P_2(G_1(1, M_1(2, 4))) = P_2(G_1(1, 3)) = P_2(3) = 4$$

Cálculo de G_2 :

$$P_1(1) = 1 \text{ e } A_2(1, 1) = 2 \Rightarrow G_2(1, 1) = G_1(2, M_2(1, 1)) = G_1(2, 3) \Rightarrow G_2(1, 1) = 3$$

$$P_1(2) = 4 \text{ e } A_2(1, 2) = 2 \Rightarrow G_2(1, 2) = 2$$

$$P_1(3) = 2 \text{ e } A_2(1, 3) = 4 \Rightarrow G_2(1, 3) = G_1(2, M_2(1, 3)) = G_1(2, 1) \Rightarrow G_2(1, 3) = 2$$

$$P_1(4) = 3 \text{ e } A_2(1, 4) = 4 \Rightarrow G_2(1, 4) = G_1(2, M_2(1, 4)) = G_1(2, 2) \Rightarrow G_2(1, 4) = 2$$

$$P_2(1) = 1 \text{ e } A_2(2, 1) = 2 \Rightarrow G_2(2, 1) = G_1(1, M_2(2, 1)) = G_1(1, 2) \Rightarrow G_2(2, 1) = 2$$

$$P_2(2) = 2 \text{ e } A_2(2, 2) = 4 \Rightarrow G_2(2, 2) = G_1(1, M_2(2, 2)) = G_1(1, 1) \Rightarrow G_2(2, 2) = 3$$

$$P_2(3) = 4 \text{ e } A_2(2, 3) = 2 \Rightarrow G_2(2, 3) = 3$$

$$P_2(4) = 3 \text{ e } A_2(2, 4) = 4 \Rightarrow G_2(2, 4) = G_1(1, M_2(2, 4)) = G_1(1, 3) \Rightarrow G_2(2, 4) = 3$$

Análise da estabilidade $L(2)$:

Para J1: $k = 1 \Rightarrow G_2(1, 1) = 3$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 1 não é $L(2)$ estável para J1

$k = 2 \Rightarrow G_2(1, 2) = 2$ (igual a k) \Rightarrow o estado 2 é $L(2)$ estável para J1

$k = 3 \Rightarrow G_2(1, 3) = 2$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 3 não é $L(2)$ estável para J1

$k = 4 \Rightarrow G_2(1, 4) = 2$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 4 não é $L(2)$ estável para J1

Para J2: $k = 1 \Rightarrow G_2(2, 1) = 2$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 1 não é $L(2)$ estável para J2

$k = 2 \Rightarrow G_2(2, 2) = 3$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 3 não é $L(2)$ estável para J2

$k = 3 \Rightarrow G_2(2, 3) = 3$ (igual a k) \Rightarrow o estado 3 é $L(2)$ estável para J2

$k = 4 \Rightarrow G_2(2, 4) = 3$ (diferente de k) \Rightarrow o estado 4 não é $L(2)$ estável para J2

Assim, não há $L(2)$ equilíbrio.

O cálculo da estabilidade L_h – Movimento Limitado, prossegue até que algum dos jogadores decida encerrar o conflito ou até que se complete um número determinado de

movimentos. No SAD GMCR, esse número é definido para jogos com dois jogadores (20 movimentos) e com mais de dois jogadores (10 movimentos).

- Estabilidade Não Míope (NM) – por definição, um estado será NM estável se existir um inteiro positivo t' tal que $G_t(i, k) = k$ para todo $t \geq t'$. A continuação do cálculo da estabilidade L_h , feita acima para $h = 1$ e $h = 2$, mostra que, a partir de $h = 3$ a estabilidade NM existe para os estados 2 (J1), 3 (J2) e 4, para ambos os jogadores ($G_3(1, 4) = 4$ e $G_3(2, 4) = 4$), configurando ainda que o estado 4 é um NM equilíbrio para $h = 3$.

A Tabela A.2 mostra a estabilidade dos estados e os equilíbrios encontrados para o conflito, de acordo com os critérios de estabilidade aqui considerados:

- k – estados do conflito (k = 1 a 4);
- Critério de estabilidade – indica os critérios de estabilidade para os quais foram calculadas as estabilidades individuais: R – Nash (Racional); GMR – Meta-racional Geral; SMR – Meta-racional Simétrica; SEQ – Seqüencial; L(h) – Movimento Limitado (h = 1 e 3); NM(3) – Não Míope (h = 3);
- Ji – jogadores no conflito (i = 1 e 2);
- u – estado instável (unstable) para o jogador, no critério de estabilidade;
- s – estado estável (stable) para o jogador, no critério de estabilidade;
- E – equilíbrio (estado estável para ambos os jogadores, no critério de estabilidade).

Tabela A.2 – Estabilidades e equilíbrios do Game of Chicken

k	Critério de Estabilidade													
	R		GMR		SMR		SEQ		L(1)		L(3)		NM(3)	
	J1	J2	J1	J2	J1	J2	J1	J2	J1	J2	J1	J2	J1	J2
1	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u
2	E		E		E		E		E		s	u	s	u
3	E		E		E		E		E		u	s	u	s
4	u	u	E		E		u	u	u	u	E		E	

[k – estado (1 a 4); Estabilidade: R – Nash (Racional); GMR – Meta-racional geral; SMR – Meta-racional simétrica; SEQ – Seqüencial; L(h) = Movimento Limitado (h = 1 e 3); NM – Não Míope; Ji – jogador i (i = 1 e 2); u – instável; s – estável; E – equilíbrio]

Com a definição dos equilíbrios, ficaria faltando a interpretação dos resultados e a análise de sensibilidade, para completar a etapa de análise do conflito. Estas tarefas não serão apresentadas neste anexo.