

Análise de Conflitos: Apoio à Decisão no Gerenciamento da Demanda Urbana de Água

Zédna Mara de Castro Lucena Vieira, Márcia Maria Rios Ribeiro

Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

zedvieira@uol.com.br, mm-ribeiro@uol.com.br

Recebido: 24/07/03 revisado: 25/03/04 aceito: 28/06/05

RESUMO

A reformulação do modelo tradicional de gestão de recursos hídricos implica na necessidade de ferramentas de apoio à decisão que atendam ao novo processo decisório – multiobjetivo e multiparticipante – e indiquem soluções de consenso aos decisores. Este trabalho descreve a aplicação do Modelo Grafo para Resolução de Conflitos na seleção de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água para a cidade de Campina Grande – PB, mostrando a viabilidade de utilização de técnicas de Análise de Conflitos como ferramentas de apoio ao novo modelo de gestão hídrica. São apresentados três conflitos na tomada de decisão pelo Poder Público, cuja simulação baseou-se em dados reais sobre os grupos decisores envolvidos e suas preferências em relação às alternativas de gerenciamento da demanda de água a serem selecionadas. Os resultados das simulações apontam para as alternativas de gerenciamento de demanda consensuais para a cidade.

Palavras-chave: gestão hídrica urbana; resolução de conflitos; sistemas de apoio à decisão.

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a crescente consciência da água como recurso limitado e 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 assume importante papel, à medida que considera o uso da água como uma demanda que pode ser alterada por medidas políticas e técnicas (Tate, 2001);
- o conceito de gestão descentralizada e participativa é introduzido, retirando da gestão hídrica a sua característica de atividade eminentemente “técnica e apolítica” (Mostert, 1998).

Como consequência, o processo decisório em recursos hídricos é alterado, tornando necessária a adoção de métodos de tomada de decisão que levem em conta, além dos fatores técnicos da questão hídrica, os fatores não técnicos – sociais, políticos, legais e institucionais – intervenientes (Adams, 2001). A multiplicidade de fatores e de atores na tomada de decisão, por sua vez, implica em que sejam considerados objetivos conflitantes e incomensuráveis, fazendo da resolução de conflitos um componente essencial da gestão hídrica.

Estes aspectos são realçados no gerenciamento da demanda urbana de água que, 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” (Savenije e Van der Zaag 2002), traduz-se em medidas estruturais (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 (incentivos econômicos e legais à mudança de comportamento dos usuários da água), cujo custo econômico, financeiro, social, ambiental e/ou político

provoca reações diversas sobre os vários segmentos da sociedade.

Em um processo participativo, onde os interesses das várias partes envolvidas devem ser considerados, conflitos de opiniões podem surgir na escolha das alternativas a serem adotadas. Este aspecto é pesquisado neste trabalho mediante a aplicação de um modelo de análise de conflitos denominado “Modelo Grafo para Resolução de Conflitos” – GMCR (Fang *et al.*, 1993) a um problema de gerenciamento da demanda urbana de água na cidade de Campina Grande – PB.

A simulação de três conflitos na tomada de decisão do Poder Público é realizada com base em dados reais sobre os grupos decisores envolvidos e suas respectivas preferências em relação às alternativas de gerenciamento da demanda de água a serem selecionadas. Os resultados das simulações são analisados, portanto, com o objetivo de identificar aquelas alternativas consensuais para a cidade. O GMCR é avaliado quanto às informações fornecidas para apoio à tomada de decisão e à capacidade em simular a realidade.

RESOLUÇÃO DE CONFLITOS

De acordo com Mostert (1998), um conflito pode ser definido como “uma discordância em torno de um curso de ação a ser adotado”, podendo ser causado por:

- desacordos factuais (as opiniões diferem quanto ao impacto de certas atividades);
- objetivos conflitantes (divergência quanto à situação desejada, a qual funciona como critério para avaliação de fatos relevantes);
- aspectos relacionais (problemas de relacionamento entre as partes, motivados pela desconfiança ou luta pelo poder).

Em uma tentativa de classificar os conflitos quanto aos objetivos em torno dos recursos hídricos, o Pacific Institute (2000) considera as seguintes categorias:

- controle (função da necessidade de suprimento hídrico ou de acesso a água);
- militar (os recursos hídricos são usados como arma ou como alvo de ações militares);

- político (os recursos são usados como ferramenta política);
- desenvolvimento (os recursos representam ferramentas essenciais no contexto do desenvolvimento sócio-econômico);
- terrorismo (os recursos são usados como alvos ou ferramentas de violência ou coerção).

Conflitos podem surgir, por exemplo, como consequência do gerenciamento da demanda de água, em vista da necessidade de mudanças nos hábitos de consumo da população provocar reações nos vários segmentos sociais (Ohlsson, 2000). Além disso, o incentivo econômico – uma das principais ferramentas para implementação de medidas de uso eficiente da água – constitui-se em uma das maiores fontes de conflitos potenciais em qualquer sociedade.

A resolução de conflitos inicia-se com a compreensão do tipo e natureza do conflito, o que requer que sejam definidos: os aspectos técnicos das questões de gerenciamento hídrico; as diferentes partes envolvidas, seus interesses e valores; e o contexto político, sócio-econômico, institucional e cultural em que o conflito está inserido (Mostert, 1998). O planejamento para a resolução de conflitos difere totalmente dos demais tipos de planejamento já que deseja-se reconciliar indivíduos ou grupos com objetivos e interesses conflitantes em relação à gestão hídrica. Existe, portanto, a necessidade de se obter uma solução politicamente aceita através do consenso entre os participantes (Lund, 2001). Este consenso representa a substituição da solução ótima tradicional por uma solução de compromisso que garanta a aplicação da decisão encontrada, visto que a aceitação dos envolvidos é fundamental à resolução dos conflitos em recursos hídricos (Bender e Simonovic, 1997).

Faz-se necessário, também, definir em qual nível se dará a resolução (Okada *et al.*, 1984): se no nível macro (onde são analisadas as alternativas políticas para a disputa, definindo-se “o que fazer”) ou no 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). Nesta pesquisa, aborda-se o nível macro (político) da resolução do conflito. Em Albuquerque (2004) encontra-se discussão em torno do nível micro (técnico) da resolução de conflitos no âmbito do gerenciamento da demanda de água.

A definição sobre os níveis nos quais se dará a resolução do conflito é essencial na escolha entre os diversos métodos e procedimentos de resolução de conflitos. Entre tais métodos estão: discussões e negociações; procedimento de arbitragem e adjudicação; métodos de soluções institucionais; métodos e modelos baseados na Teoria dos Jogos (entre os quais, o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos, discutido e aplicado nesta pesquisa).

A aplicação de métodos e modelos baseados na Teoria dos Jogos em recursos hídricos é interessante pois neste setor a maioria dos conflitos é mal estruturada, envolvendo vários participantes com interesses diversos e vários níveis de decisão (Ribeiro, 1992). Desta forma, nesta pesquisa optou-se em usar um modelo baseado na Teoria dos Jogos pela possibilidade de estruturar o conflito no seu nível macro.

A Teoria dos Jogos (von Neumann e Morgenstern, 1944) objetiva 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).

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). Essas “técnicas de jogos” são modelos de simulação dos processos de escolha racional e interativa dos responsáveis pela tomada de decisão, podendo ser usadas em três situações principais (Ubbels e Verhalen, 2001):

- na definição de alternativas de gerenciamento, identificando dificuldades e/ou potenciais situações de consenso;
- no treinamento para situações operacionais raras, melhorando o desempenho em uma emergência;
- na visualização do problema, definindo quais as informações necessárias, como as decisões são tomadas, e compreendendo a posição dos demais decisores.

O MODELO GRAFO PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS (GMCR)

O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR (**G**raph **M**odel for **C**onflict **R**esolution) (Fang *et al.*, 1993), é um modelo de jogo abstrato, matematicamente fundamentado na Teoria dos Jogos e na Teoria dos Grafos. Aplicações do modelo podem ser encontradas em Hipel *et al.* (1997). Um exemplo brasileiro está descrito em Malta (2000).

No GMCR, o conflito é completamente estruturado em termos de **jogadores** (responsáveis pela tomada de decisão), **opções** (as ações disponíveis a cada jogador), **estados** (todas as possíveis combinações das opções dos jogadores, selecionadas ou não) e **preferências** (dos jogadores em relação a cada estado que o conflito pode assumir). Definidos esses parâmetros, conclui-se a fase de **modelagem** do conflito e inicia-se a fase de **análise de estabilidade**.

Na **análise de estabilidade** são considerados vários **critérios de estabilidade** (que definem padrões de comportamento dos jogadores, tais como a capacidade de um jogador prever reações dos demais jogadores às suas ações e/ou de prever a sua própria contra-reação às reações dos outros jogadores) para calcular a **estabilidade individual** de cada estado para cada jogador (um estado k é estável para um dado jogador, de acordo com um certo critério de estabilidade e com as preferências do jogador, se esse jogador não tem qualquer incentivo para sair do estado k , para qualquer outro estado do conflito que ele possa atingir a partir de k). A estabilidade individual é calculada para cada jogador, de acordo com todos os critérios de estabilidade adotados pelo modelo (isso significa que um dado estado k pode ser estável para o jogador i , sob o critério de estabilidade x , e instável, para o mesmo jogador, sob o critério de estabilidade y , por exemplo).

Calculadas as estabilidades individuais, então, definem-se os **equilíbrios** (estados estáveis para todos os jogadores), que se constituem nas possíveis soluções para o conflito. Esses resultados são interpretados pelo modelador e submetidos à uma **análise de sensibilidade**, que consiste na alteração de parâmetros básicos do modelo (jogadores, opções, estados e/ou preferências), com nova análise de estabilidade, de modo a verificar a manutenção (ou não) dos equilíbrios encontrados no modelo original.

A interpretação final dos equilíbrios assim obtidos permite a definição das informações 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.

Aspecto fundamental da análise de estabilidade, os critérios de estabilidade considerados pelo GMCR são:

- Racionalidade de Nash (R) – o jogador i não analisa as reações possíveis ao seu movimento e espera que o conflito seja mantido no estado de sua escolha. Tem visão de futuro pequena.
- Meta-Racionalidade Geral (GMR) – o jogador i analisa as possíveis reações ao seu movimento, mas ignora suas próprias possíveis contra-reações. Visão de futuro média.
- Meta-Racionalidade Simétrica (SMR) – o jogador i considera não apenas as suas próprias possibilidades de movimento e as reações dos outros jogadores, mas também as suas chances de contra-reação. Visão de futuro média.
- Seqüencial (S) – 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. Visão de futuro média.
- 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. Visão de futuro variável (h = número de movimentos).
- Não-Míope – corresponde ao limite da estabilidade L_h quando h tende a infinito. Visão de futuro alta.

Para facilitar a utilização do Modelo Grafo, foi desenvolvido um Sistema de Apoio à Decisão, o SAD GMCR (Fang *et al.*, 1993). O SAD GMCR calcula a estabilidade dos estados do conflito modelado, apresentando os estados estáveis para cada jogador (conforme cada critério de estabilidade considerado pelo Modelo Grafo) e indicando os equilíbrios do modelo.

Os equilíbrios apontados pelo GMCR constituem-se em potenciais ‘soluções de consenso’ para o

conflito, ou seja, representam decisões factíveis, de acordo com a multiplicidade de decisores e objetivos envolvidos.

O ESTUDO DE CASO: CAMPINA GRANDE - PB

Importante polo tecnológico, industrial e educacional do Nordeste brasileiro, Campina Grande é a segunda maior cidade do estado da Paraíba, com uma população superior a 350.000 habitantes. Situada no semi-árido nordestino, no trecho mais alto das escarpas orientais do planalto da Borborema, a uma altitude entre 500 e 600 m, está 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 quaisquer dos seus afluentes maiores (Rêgo *et al.*, 2000).

A seca prolongada que atingiu a região Nordeste do Brasil no período de 1997 a 1999, causou uma forte redução no nível do reservatório Eptácio Pessoa, único manancial que abastece a cidade – o qual chegou a apresentar um volume armazenado de apenas 30% da capacidade máxima de 450 milhões de metros cúbicos –, deflagrando uma grave crise no abastecimento d’água de Campina Grande. Entre os meses de novembro de 1998 e abril de 2000, a população teve de enfrentar um severo racionamento de água (quatro dias por semana sem água, na fase final), suspenso em função das chuvas ocorridas no início do ano 2000, reiniciado nos últimos meses de 2001 (dois dias por semana sem água) e novamente suspenso no início de março de 2002. A atividade de irrigação, às margens do açude, encontra-se suspensa por decisão judicial. O problema passou a ser conhecido como “o caso Campina Grande – PB” e é objeto de estudo de vários pesquisadores e de discussão pela sociedade (MP-PB, 1998; Rêgo *et al.*, 2000; Rêgo *et al.*, 2001; Galvão *et al.*, 2001).

A análise da convivência histórica da cidade com os problemas de abastecimento de água, bem como dos fatores que conduziram à crise 1998-2000 no seu abastecimento – localização geográfica da cidade, usos da água do reservatório Eptácio Pessoa, ausência de gerenciamento, tanto em relação ao reservatório quanto à bacia hidrográfica em que este se insere, adoção de medidas de redução de consumo apenas em situações de crise, entre outros – enfatiza a necessidade de um efetivo gerenciamento dos recur-

os 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 um dos meios de evitar novas crises (Braga, 2001; Vieira, 2002; Albuquerque, 2004).

A base de dados utilizada

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 – PB. Os grupos 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 avaliadas segundo cinco critérios qualitativos: viabilidade econômica, viabilidade técnica/operacional, redução de consumo, viabilidade legal/política e aceitabilidade.

Os grupos considerados e os resultados assim obtidos constituem-se na base para, respectivamente, definição de jogadores e atribuição de preferências na modelagem dos conflitos para o caso de estudo.

Os grupos decisores (jogadores) são os seguintes:

- Grupo I – **Poder Público** (Federal: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS; Estadual: Secretaria Extraordinária de Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais - SEMARH; Municipal: Secretarias de Educação, de Planejamento e Gestão, de Meio Ambiente, de Infra-estrutura);
- Grupo II – **Usuário** (Concessionária: Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba - CAGEPA);
- Grupo III – **Indústria** (Federação das Indústrias do Estado da Paraíba – FIEP);
- Grupo IV – **Sociedade Civil** (Câmara Municipal de Campina Grande, Ministério Público da Paraíba; Entidade técnico-científica: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES/PB, Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura – CREA/PB; Comércio: Clube de Diretores Lojistas CDL; Instituição de ensino superior: Universidade

Federal da Paraíba - UFPB, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN; Construção civil: Sindicato da Indústria da Construção Civil – SINDUSCON, SG Incorporação e Construção LTDA.; Entidade comunitária: União Campinense de Equipes Sociais – UCES; Organização não governamental: Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas às Comunidades – PATAC).

As alternativas pesquisadas e as preferências relativas de todos os grupos decisores encontram-se apresentadas na Tabela 1; as alternativas mais e menos desejáveis para os membros do Grupo I – Poder Público, estão na Tabela 2.

Tabela 1 - Alternativas de gerenciamento da demanda e ordenamento das preferências dos grupos decisores (adaptado de Braga, 2001).

Alternativa	Preferência do Grupo			
	I	II	III	IV
Controle vazamentos/rede abastecimento	1	1	1	2
Legislação para 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 vazamentos/edificações	5	1	2	4
Sistema de reuso de água/industrial	6	2	1	3
Tarifação de água tratada (+10%)	7	2	4	11
Vasos de descarga reduzida (6l/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
Sistema de reuso de água/residencial	12	4	3	13
Outorga + Cobrança + Tarifação (+10%)	13	1	4	12

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

CONFLITOS SIMULADOS

A simulação dos conflitos teve o seu foco na atuação do Grupo I - Poder Público, por ser este o decisor com maior poder de iniciativa (suas ações têm um reflexo imediato sobre os demais decisores) e por apresentar um número de membros e de opções de sua iniciativa exclusiva (que pode ser considerado representativo para os objetivos da aplicação do modelo).

Tabela 2. Preferências do Grupo I – Poder Público (adaptado de Braga, 2001).

Decisor	Alternativa mais desejável	Alternativa menos desejável
DNOCS	<ul style="list-style-type: none"> Controle vazamentos/rede 	<ul style="list-style-type: none"> Outorga + Cobrança + Tarifação (+10%)
SEMARH	<ul style="list-style-type: none"> Tarifação (+10%) 	<ul style="list-style-type: none"> Captação de água de chuva
Educação	<ul style="list-style-type: none"> Controle vazamentos/edificações Legislação + medição 	<ul style="list-style-type: none"> Outorga + Cobrança + Tarifação (+10%)
Planejamento e Gestão	<ul style="list-style-type: none"> Controle de vazamentos/rede Reuso industrial Educação ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> Reuso residencial
Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> Controle vazamentos/rede Reuso industrial Educação ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> Outorga + Cobrança + Tarifação (+10%)
Infra-Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> Controle vazamentos/rede Controle vazamentos/edificações Legislação + medição 	<ul style="list-style-type: none"> Vasos de descarga reduzida

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

- definição de solução de consenso dentro de um mesmo grupo de decisores;
- definição de cursos de ação, para um grupo decisor, objetivando a aceitação dos demais grupos;
- definição de solução de consenso entre os grupos decisores, com respeito à combinação de alternativas econômicas (que têm baixa ou média preferência da maioria dos grupos).

As simulações dos três conflitos estão descritas a seguir.

Simulação 1. 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 realizadas.

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 2) 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.

Os subgrupos Educação e Infra-Estrutura passaram a representar um único jogador por terem coincidentes as suas preferências. Os jogadores e suas respectivas opções estão indicados na Tabela 3.

Considerando que não foram estabelecidas restrições quanto ao número de opções selecionadas em conjunto e que não há impossibilidade lógica em qualquer combinação de opções selecionadas, todos os 64 (2^m) estados possíveis foram admitidos como factíveis, atribuindo-se a eles as preferências dos jogadores, com base na Tabela 2. Assim, por exemplo, para J1 (DNOCS), os estados que têm a maior preferência são aqueles em que a opção 1 (Controle de vazamentos – rede de abastecimento) está selecionada, e a menor preferência é para o *status quo* (nenhuma opção selecionada) e para os estados em que a opção 2 (Tarifação 10%) é selecionada, visto ser esta a sua alternativa menos desejável. Os jogadores que

apresentam mais de uma “alternativa mais desejável” (Tabela 2) têm essa sua escolha representada no modelo pela atribuição da maior preferência para os estados em que essas alternativas estão selecionadas, implicando em que tenha sido modelado um tipo de “cooperação” entre alguns jogadores.

Tabela 3. Jogadores e Opções na Simulação 1.

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

O conflito assim modelado apresentou 26 equilíbrios que satisfazem a todos os critérios de estabilidade considerados no GMCR e apresentados, anteriormente, neste texto. Tendo em vista que não havia motivos para considerar falhas de percepção quanto aos jogadores envolvidos e suas opções, a análise de sensibilidade foi levada a efeito com o objetivo de neutralizar quaisquer considerações feitas em relação à rejeição/aceitação dos jogadores a algumas das opções dos demais. O resultado encontrado foi a manutenção de todos os equilíbrios apontados anteriormente.

A análise das opções selecionadas nos vários equilíbrios mostra que:

- I. apenas a opção 2 (Tarifação 10%) constituiu-se, por si só, em solução para o grupo, além de estar selecionada em todos os equilíbrios encontrados – o que indica que o GMCR consegue detectar qual o conflito entre os jogadores;
- II. podem ser conseguidas situações de equilíbrio com a adoção de uma opção (2) ou com a adoção simultânea de duas, três, quatro, cinco ou seis opções;
- III. no caso de duas opções selecionadas, apenas as combinações (Tabela 3) 1/2, 2/3 e 2/4 constituem-se em equilíbrios, não havendo

equilíbrios com 2/5 ou 2/6; com três opções, aparecem as combinações 1/2/3, 1/2/4, 2/3/4, 2/3/5, 2/3/6, 2/4/5 e 2/4/6, novamente não havendo equilíbrio com a combinação 2/5/6; essa precedência das opções 3 e 4 em relação às opções 5 e 6 repete-se nos equilíbrios com quatro opções selecionadas, onde estão 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.

Assim, dos resultados apontados pelo GMCR, podem ser fornecidas as seguintes informações para apoiar a tomada de decisão do grupo:

- I. só pode haver consenso se a opção 2 (Tarifação 10%) for adotada;
- II. havendo necessidade de restrição da quantidade de opções a serem adotadas simultaneamente, 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);
- III. sendo de interesse a adoção da opção 1 (Controle de vazamentos – rede de abastecimento), esta pode vir acompanhada apenas da opção 2 (Tarifação 10%), 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;
- IV. 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);
- V. não há consenso para o caso de seleção de 4 opções em que sejam adotadas as opções 1 (Controle de vazamentos – rede de abastecimento), 2 (Tarifação 10%), 5 (Reuso industrial) e 6 (Educação ambiental).

Simulação 2. Conflito de Aceitabilidade das Opções do Poder Público - O Poder Público, ciente da necessidade de implementar medidas de redução de consumo para a cidade de Campina Grande, precisa definir quais, entre as alternativas de sua iniciativa exclusi-

va, as que podem ser adotadas sem um custo político excessivo (aceitabilidade) junto aos demais segmentos da sociedade. O conflito é modelado considerando três jogadores [Poder Público (Grupo I), Usuário (Grupo II) e Sociedade Civil (Grupos III e IV)] e quatro opções de iniciativa exclusiva do Poder Público [Outorga + Cobrança, Tarificação (10%), Legislação + Medição e Educação ambiental], cabendo ao Usuário e à Sociedade Civil aceitar (ou não) a seleção de opções feita pelo Poder Público. Na Tabela 4 estão indicados os jogadores e suas opções, assim como o(s) jogador(es) sobre quem incidirá o custo econômico da medida.

Tabela 4. Jogadores e Opções da Simulação 2.

Jogador (J)	Opção (m)	Custo
Poder Público (J1)	1. Outorga + Cobrança	J2 ou J3
	2. Tarificação (10%)	J3
	3. Legislação + Medição	J3
	4. Educação ambiental	J1 e J3
Usuário (J2)	5. Aceita	
Sociedade Civil (J3)	6. Aceita	

Com base na Tabela 1, dos 64 (2^m) estados possíveis para o conflito, são excluídos aqueles em que não há aceitação de pelo menos um dos jogadores J2 e J3 e os estados em que a opção 2 (Tarificação 10%) é selecionada e o Usuário (J2) não aceita. Restam, assim, 38 estados factíveis, incluindo o *status quo*, no qual nenhuma opção é selecionada pelo Poder Público.

Como a modelagem do conflito objetiva verificar a aceitabilidade da adoção das medidas, foram definidos dois grupos (A e B) de simulações de acordo com alterações nas preferências do 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 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 mas também a aceitação por parte da

Sociedade Civil (J3), isoladamente ou acompanhada pelo Usuário (J2).

Para cada grupo, foram efetuadas quatro simulações, com as preferências de J2 e J3 assim definidas:

- A1/B1 – a preferência de J2 é maior para os estados em que a opção 2 (Tarificação 10%) é selecionada e há indiferença à aceitação ou não de J3; para J3, a maior preferência é 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);
- A2/B2 – J2 continua a dar maior preferência aos estados em que a opção 2 (Tarificação 10%) é selecionada, mas passa a dar importância à aceitação de J3; para J3, as preferências são as mesmas consideradas na simulação A1/B1);
- A3/B3 – para J2, as preferências são as mesmas consideradas na simulação A1/B1; para J3, continua a ser dada maior preferência aos estados com as opções 1 (Outorga + Cobrança) e 4 (Educação ambiental) selecionadas, mas agora independentemente da aceitação de J2, e passa a ser dada uma maior preferência aos estados em que a opção 2 é selecionada e que aquelas que têm a aceitação conjunta de J2 e J3;
- A4/B4 – consideram-se as preferências de J2 como em A2/B2 e as de J3 como em A3/B3.

Com o conflito modelado de oito diferentes maneiras, o GMCR apontou 4 equilíbrios para as simulações do Grupo A e 24 equilíbrios para as simulações do Grupo B, considerando todos os critérios de estabilidade. Entretanto, como o objetivo da modelagem deste conflito é fornecer subsídios para uma tomada de decisão política, evidente se faz a necessidade de garantir a manutenção dos equilíbrios encontrados por um prazo mais longo. Isto implica em que sejam considerados os equilíbrios que satisfazem os critérios de estabilidade com maior visão de futuro (Estabilidade de Movimento Limitado e Estabilidade Não Míope), os quais são mais indicados para a tomada de decisão estratégica.

Neste contexto, continuam os 4 equilíbrios encontrados preliminarmente para o Grupo A e permanecem apenas 4 equilíbrios para o Grupo B, conforme descrito a seguir:

- Grupo A – é indicado o *status quo* e a combinação das opções 1/3/4 com aprovação de J2 e/ou J3. O equilíbrio do *status quo* é mantido por um prazo mais longo, enquanto para a combinação de opções 1/3/4 o equilíbrio se mantém por mais tempo quando há a aprovação conjunta de J2 e J3;
- Grupo B – é indicado o *status quo*, o estado em que é selecionada apenas a opção 1 (Outorga + Cobrança), contando com a aceitação de J2, e a combinação das opções 3/4, com a aceitação de J3 e com a aceitação conjunta de J2 e J3. Enquanto o *status quo*, novamente, se mantém por um longo prazo, a seleção da opção 1 (Outorga + Cobrança), apenas, mostra alguma incerteza quanto à manutenção do equilíbrio por um prazo maior; já o equilíbrio com a combinação das opções 3/4 mantém-se indefinidamente.

A análise conjunta dos resultados dos dois grupos indica que o Poder Público tem duas linhas de ação a seguir a fim de minimizar o custo político das medidas:

- permanecer no *status quo* (não selecionando nenhuma opção; apesar desta ser uma opção para o Poder Público, ressalva-se que tal alternativa não promove a resolução do problema);
- selecionar as opções 3 (Legislação + Medição) e 4 (Educação ambiental). A seleção da opção 1 (Outorga + Cobrança), isoladamente ou com as opções 3 e 4, apresenta um certo risco político, justificado pelo caráter econômico desta alternativa.

Simulação 3. 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, 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 de tarifa, considerando que só assim terá o capital necessário para investir no controle de vazamentos e que os consumidores serão induzidos a adotar medidas adicionais de redução do consumo. Os consumidores (indústria e sociedade civil) são contrários ao repasse e ao aumento de tarifa e também a terem de investir para reduzir o consumo, embora, no caso da indústria, o reuso industrial possa se tornar uma alternativa atraente para evitar novas perdas no faturamento.

O conflito é modelado considerando os jogadores e opções indicados na Tabela 5, onde também é informado o jogador sobre quem incide o custo da adoção da opção. Considera-se que o Usuário é uma empresa autônoma em relação à definição de seus investimentos, de modo que a cobrança pela água bruta retirada, normalmente entendida como medida econômico-educativa para os consumidores, é utilizada como forma de pressão do Poder Público sobre a concessionária (opção 1).

Dos 64 (2^m) estados possíveis para o conflito, são excluídos aqueles logicamente impossíveis de ocorrer – onde há adoção simultânea das opções 1 (Outorga + Cobrança, sem repasse ao consumidor) e 2 (Outorga + Cobrança, com repasse ao consumidor) – e aqueles em que a opção 2 é selecionada e J2 – Usuário não aceita. Desta forma, restam 29 estados factíveis para o modelo do conflito.

As preferências dos jogadores foram definidas em função da combinação de opções selecionadas e não apenas pela preferência de cada jogador em relação às suas próprias opções. Assim, por exemplo, o estado em que são selecionadas as opções 1 (Outorga + Cobrança, sem repasse ao consumidor) e 4 (Controle de vazamentos), onde o Poder Público institui a cobrança sem repasse aos consumidores e o Usuário investe no controle de vazamentos na rede de abastecimento, sem que a Indústria e a Sociedade Civil tenham de investir em outras medidas de redução de consumo, é o estado mais preferido para J1 (pelo ganho político), J3 e J4 (pela não incidência de custos sobre si), ao mesmo tempo em que é o estado de menor preferência para J2.

Tabela 5. Jogadores e Opções da Simulação 3.

Jogador (J)	Opção (m)	Custo
Poder Público (J1)	1. Outorga + Cobrança, sem repasse ao consumidor	J2
	2. Outorga + Cobrança, com repasse ao consumidor	J3/J4
	3. Tarifação (10%)	J3/J4
Usuário (J2)	4. Controle de vazamentos	J2
Indústria (J3)	5. Reuso industrial	J3
Sociedade Civil (J4)	6. Vasos de descarga reduzida	J4

O GMCR indicou 3 equilíbrios para o conflito: a adoção apenas da seleção 1, satisfazendo a todos os critérios de estabilidade; a combinação das opções 1/3/4 e a combinação das opções 3/4, sendo que ambas não atendem aos critérios de estabilidade em que não há visão de futuro. A análise de sensibilidade foi efetuada considerando três situações distintas:

- alteração da preferência de J2, atribuindo preferência máxima para os estados em que estavam selecionadas as opções 1 (Outorga + Cobrança, sem repasse ao consumidor) e 3 (Tarifação 10%), simultaneamente;
- exclusão dos estados em que as opções 1 (Outorga + Cobrança, sem repasse ao consumidor) e 3 (Tarifação 10%), não estavam selecionadas simultaneamente;
- exclusão dos estados em que a opção 2 (Outorga + Cobrança, com repasse ao consumidor) não está selecionada simultaneamente com a opção 3 (Tarifação 10%).

Nos três casos, foi mantido o equilíbrio em que há combinação das opções 1/3/4, não sendo apontado nenhum novo equilíbrio para o conflito.

A análise dos resultados encontrados indica que o GMCR detecta a importância da aceitação de J2 para a solução do conflito e permite o fornecimento

das seguintes informações para apoio à tomada de decisão:

- I. a adoção da opção 1 (Outorga + Cobrança, sem repasse do valor cobrado ao consumidor), embora não tenha qualquer efetividade em relação à redução do consumo, pode ser uma alternativa interessante para o 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, ao mesmo tempo em que passa a auferir uma receita adicional. Espera-se que, a médio prazo, uma alternativa mais efetiva como a “Outorga + Cobrança”, com repasse do valor cobrado ao consumidor, possa ser implantada sem o sentimento de penalização econômica.
- II. a melhor alternativa, do ponto de vista da efetividade, é a seleção 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 (adoção da opção 4); o fato deste equilíbrio não atender aos critérios de estabilidade de curto prazo, indica que o GMCR consegue detectar o receio do Poder Público, em um primeiro momento, de autorizar o reajuste da tarifa de água consumida. Este aspecto negativo, no entanto, dilui-se ao longo do tempo, seja pelas melhores condições no serviço de abastecimento, seja pelo argumento de que o custo não está sendo repassado cumulativamente para a população, o que tende a minimizar o custo político;
- III. a adoção da opção 2 (Outorga + Cobrança, com repasse), com a adoção pelo Usuário da opção 4 (Controle de vazamentos), não é aconselhável, tendo em vista a incerteza quanto ao comprometimento do Usuário em investir no controle de vazamentos, que é indicada pelo não atendimento deste equilíbrio aos critérios de estabilidade em que há pequena visão de futuro.

COMENTÁRIOS FINAIS

As soluções para os conflitos

As soluções apontadas nas simulações indicam os melhores cursos de ação para o Poder Público, tendo em vista o objetivo de cada conflito simulado. Assim:

- I. a autorização do aumento da tarifa de água é condição necessária ao consenso do Grupo I – Poder Público, de preferência associada à instituição de leis que tornem obrigatória a medição individualizada em condomínios e as ações de controle de vazamentos em edificações;
- II. 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;
- III. para minimização das perdas políticas pelo uso de instrumentos econômicos, a autorização do aumento da tarifa da água 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. No futuro, espera-se que o amadurecimento da sociedade viabilize a cobrança com repasse aos consumidores, situação na qual este instrumento estaria sendo aplicado como concebido (o usuário pagando pelo o que consome).

A capacidade de modelar a realidade

A análise dos resultados obtidos indica a efetividade do GMCR na descrição das principais características de cada conflito simulado, permitindo concluir pela sua capacidade em modelar a realidade.

Na Simulação 1, o GMCR conseguiu detectar o foco do conflito, indicando que, para haver consenso no grupo decisor, era necessário a adoção do aumento de 10% na tarifa de água consumida.

O resultado apresentado na Simulação 2, em que um dos equilíbrios apontados pelo GMCR é a manutenção 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 o Poder Público), visto que esta é a situação ainda vigente na cidade. É muito 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. Como já discutido, o resultado apenas confirma que o modelo conseguiu detectar a realidade.

O conflito apresentado na Simulação 3 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. Quanto à solução indicada (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) pode-se concluir que:

- I. 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);
- II. dá, ao Poder Público, poder de negociação com os demais grupos envolvidos, ao mesmo tempo em que reduz o custo político das medidas;
- III. 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.

A situação atual

Os conflitos apresentados neste artigo foram simulados com base em dados representativos da realidade de Campina Grande no ano 2000: vigência do racionamento de água e consciência da população quanto à gravidade do problema. Daquele ano até meados do mês de abril de 2003, nenhuma medida de

gerenciamento da demanda de água foi adotada para a cidade.

Como a situação do reservatório Epitácio Pessoa começa, novamente, a ficar crítica, com a possibilidade da população vivenciar racionamento de água, é razoável supor que não haverá mudanças substanciais nos resultados alcançados por Braga (2001) e, por consequência, que as soluções apontadas pelo GMCR, e discutidas neste artigo, podem ser apresentadas como viáveis para implementação na atualidade (tal suposição encontra respaldo, por exemplo, na ação do Governo do Estado da Paraíba, que em abril de 2003 autorizou a concessionária a proceder a um aumento – cerca de 14 % – na tarifa de água consumida).

REFERÊNCIAS

- ADAMS, A. (2001). Decision making in multi-party regional water conflicts. *IAHS Publ.* 272.
- ALBUQUERQUE, T. M. A. (2004) *Seleção multicriterial de alternativas para o gerenciamento da demanda de água na escala de bairro*. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- BENDER, M. J.; SIMONOVIC, S. P. (1997). Consensus building as the measure of sustainability. *Journal of Hydrological Sciences*, 42 (2): 493-500.
- BRAGA, C. F. C. (2001). *Análise Multicriterial e Multidecisoría no Gerenciamento da Demanda Urbana de Água*. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. D. (1993). *Interactive Decision Making: The Graph Model for Conflict Resolution*. John Wiley and Sons, Inc., 221p.
- FRASER, N.M; HIPEL, K.W. (1984). *Conflict Analysis: Models and Resolutions*. Elsevier Science Publishing Co., Inc., 377p.
- GALVÃO, C.O.; RÊGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T. (2001). Sustainability characterization and modeling of water supply management practices. In: Proc. Regional Management of Water Resources – Sixth IAHS Scientific Assembly. Maastricht: *IAHS Publ.* 268: 81-88.
- HIPEL, K. W; KILGOUR, D. M.; FANG, L.; PENG, X. (1997). The decision support system GMCR in environmental conflict management. *Applied Mathematics and Computation*, 83 (2): 117-152.
- LUCE, R. D.; RAIFA, H. (1957). *Games and Decisions*. New York: Wiley.
- LUND, J. R. (2001) Approaches to Water Planning. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127 (2): 193-205.
- MALTA, V. F. (2000). *Avaliação do modelo grafo de solução de conflitos em problemas de recursos hídricos no Brasil*. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MOSTERT, E. (1998). A Framework for Conflict Resolution. *Water International*, 23 (4): 206-215.
- MP-PB – MINISTÉRIO PÚBLICO DA PARAÍBA. (1998). *Relatório sobre os Riscos de Colapso do Sistema de Abastecimento d'Água com Apoio no Manancial Boqueirão – Recomendações e Sugestões Iniciais*. Grupo Permanente de Assessoramento Técnico ao 2º Centro de Apoio Operacional às Curadorias, Campina Grande.
- OKADA, N.; HIPEL, K. W.; OKA, Y. (1984). *A Hierarchical Gaming Approach for the Resolution of Water Resources Conflicts*. Tech. Rep. 84013, Department of Applied Mathematics and Physics, Kyoto University.
- OHLSSON, L. (2000). *Water Scarcity and Conflict*. In: <http://directory.google.com> (25/08/2002).
- OSBORNE, M. J.; RUBINSTEIN, A. (1994). *A Course in Game Theory*. Cambridge: MIT Press.
- PACIFIC INSTITUTE FOR STUDIES IN DEVELOPMENT, ENVIRONMENT AND SECURITY (2000) *Water conflict chronology*. In: <http://www.worldwater.org> (15/10/2000).
- RÊGO, J.C.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; RIBEIRO, M.M.R. (2000). Uma Análise da Crise de 1998-2000 no Abastecimento d'Água de Campina Grande – PB. In: *V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Anais: 2: 459-468. Natal: ABRH.
- RÊGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; GALVÃO, C. O. (2001). Participação da sociedade na crise 1998-2000 no abastecimento de água de Campina Grande – PB, Brasil. In: *IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas*. Anais: ... (Cd-rom). Foz do Iguaçu: IWRA/ABRH.

- RIBEIRO, M. M. R. (1992). Análise de Conflitos em Recursos Hídricos Baseada na Teoria dos Jogos. In: *I Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Anais: 2, Recife: ABRH.
- SAVENIJE, H. H. G; VAN DER ZAAG, P. (2002). Water as an Economic Good and Demand Management: Paradigms and Pitfalls. *Water International*, 27 (1): 98-104.
- TATE, D. (2001). *Vision 21 – An Overview of Water Demand Management and Conservation*. In: www.wsscc.org (13/03/2002).
- UBBELS, A.; VERHALLEN, A. J. M. (2001). Collaborative planning in integrated water resources management: the use of decision support tools. *IAHS Publ.* 272: 37-43.
- VIEIRA, Z. M. C. L. (2002). *Análise de Conflitos na Seleção de Alternativas de Gerenciamento da Demanda Urbana de Água*. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.

Conflict Analysis: Decision Support in Urban Water Demand Management

ABSTRACT

The improvement of the traditional water resources management model involves decision support tools that deal with the new – multi-objective and multi-party – decision-making process and indicate consensual solutions for decision makers. This paper describes a Graph Model for Conflict Resolution application in selecting urban water demand management options for the city of Campina Grande (Paraíba State, Brazil), proving the feasibility of using Conflict Analysis techniques as support tools for the new water resources management model. Three conflicts over Public Power decision-making are presented, whose simulation was based on real data about the decision-makers involved and their preferences concerning water demand management options to be selected. Simulation outcomes show consensual water demand management alternatives for that city.

Key-words: urban water resources management; conflict analysis, decision support systems.