
O gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo

Paulo Sérgio Franco Barbosa

O processo de desenvolvimento econômico e social de uma região ou um país é altamente dependente da forma como são utilizados os seus recursos naturais. Dentre estes, a água destaca-se como componente fundamental para o desenvolvimento, uma vez que existem pouquíssimas atividades humanas em que sua utilização é prescindível. Adicionalmente, acentua-se sua importância como elemento subjacente à garantia de equilíbrio dos ecossistemas naturais.

Recebido em abril/96

A necessidade de seu gerenciamento decorre, fundamentalmente, do descompasso entre as demandas requeridas por aglomerações humanas e a disponibilidade oferecida pela Natureza. A ocorrência da água é variável no tempo e no espaço, de maneira nem sempre compatível com as necessidades. Assim, eventos críticos como o excesso (inundações) ou a falta de água (secas) podem trazer efeitos dramáticos sobre a economia, a saúde e a segurança das comunidades.

No estado de São Paulo, de forma similar ao que ocorreu em outros países, a percepção para os problemas do uso da água evoluiu de uma visão estreita, circunscrita ao enfoque de engenharia, para um tratamento mais abrangente, necessariamente multidisciplinar. Em razão de sua importância estratégica, econômica, social e ambiental, reconhece-se (DAEE, 1990) que a água deve ser gerida por um sistema institucional que propicie a ação harmônica da União, dos estados, dos municípios e dos demais usuários. Para a formulação de tal sistema, algumas características específicas do recurso **água** devem ser consideradas (DAEE, 1984):

- sua importância vital;
- a limitação de sua quantidade;
- a multiplicidade de sua utilização;
- sua movimentação no espaço;
- sua relativa renovabilidade.

A importância vital determina a priorização do uso da água para abastecimento em circunstâncias de extrema escassez, ou mesmo quando sujeita a limitações geográficas, sazonais, ou quanto à qualidade. A limitação geográfica ou espacial é decorrente da variação de distribuição

Paulo Sérgio Franco Barbosa é Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Fax: (019) 239-4823
E-mail: franco@fec.unicamp.br

das chuvas, dos escoamentos superficiais e subterrâneos que, por sua vez, estão relacionados com a topografia, a geologia, a vegetação etc. A limitação no tempo em certo ponto de uma bacia hidrográfica manifesta-se pela variação do escoamento entre os anos, as estações, os meses e, ainda, em períodos mais curtos como semanas, dias e horas. A limitação quanto à qualidade é função das necessidades dos diferentes usuários. Por exemplo, o uso da água para abastecimento urbano deve atender a certos padrões mínimos quanto aos parâmetros biológicos, químicos e físicos. O uso no abastecimento industrial deve contemplar certos requisitos de qualidade de acordo com diferentes tipos de utilização em cada processo, como refrigeração, limpeza, lavagem, processos químicos etc.

A multiplicidade do uso da água manifesta-se pela sua inclusão nos três setores da economia. No setor primário, a agropecuária (incluindo a irrigação) e a mineração ilustram utilizações típicas. A indústria e a geração hidroelétrica, para o setor secundário, e o transporte fluvial, a saúde e o desenvolvimento urbano, para o setor terceiro, são outros exemplos de utilização da água. Essa multiplicidade de usos permite, em algumas situações, a obtenção de economias de escala (por exemplo, reservatório construído para irrigação, abastecimento de água e geração hidroelétrica), uma vez que existem componentes de custos comuns aos diversos propósitos. Tais situações ocorrem em locais de maior disponibilidade hídrica diante das demandas. Em locais ou ocasiões de escassez hídrica, a multiplicidade de usos conduz, freqüentemente, a situações de conflito, exigindo a intervenção do Estado como instância de árbitro.

A movimentação da água na forma natural decorre dos gradientes topográficos das bacias hidrográficas. Porém, com freqüência, utiliza-se da transposição de vazões de uma bacia hidrográfica para outra como um instrumento de gestão, visando à redistribuição das disponibilidades hídricas naturais para atendimento da demanda. Tanto no Brasil como no exterior, normalmente esse recurso acarreta questões controvertidas, imprimindo a sensação de **lesão** a um bem público (água na forma natural) outrora pertencente à bacia original.

A movimentação da água na Natureza assegura sua relativa renovabilidade, decorrente da circulação no processo chamado ciclo hidrológico. A relatividade da renovação dá-se em regiões localizadas a partir, principalmente, de atividades antrópicas. Inadequado manejo da água em reservatórios com grandes superfícies pode reduzir o volume de escoamento aproveitável, por evaporação ou poluição, a tal ponto que a utilização do recurso se torne antieconômica. Trata-se, portanto, de um recurso vulnerável, cuja garantia de renovabilidade estará sujeita ao seu adequado gerenciamento.

A DINÂMICA DOS PROCESSOS DE URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

A crescente urbanização e a industrialização verificadas em algumas regiões do País acarretam grande variedade de necessidades e problemas associados ao uso da água. As necessidades são óbvias, em escala progressiva e com taxa superior à linear, uma vez que as maiores concentrações urbanas exigem e podem pagar serviços associados a grande variedade de usos da água, normalmente não-acessíveis às pequenas concentrações. A título de ilustração, há metrópoles, como New York, com consumo *per capita* de mil litros/habitante/dia e, em outro extremo, zonas rurais do Nordeste brasileiro com consumo *per capita* de dez litros/habitante/dia.

Além do abastecimento de água para uso doméstico ou industrial, a urbanização impõe, indiretamente, outras necessidades associadas à água. É o caso do controle de enchentes urbanas, induzido pela incorporação de áreas impermeabilizadas, as quais aumentam o volume escoado superficialmente após uma chuva e aceleram a velocidade da água escoada, produzindo maiores picos de enchentes. Infelizmente, como exemplificado no caso da cidade de São Paulo, não há solução de baixo custo para o problema das enchentes urbanas, em termos puramente corretivos, após a implantação desordenada de grande número de equipamentos urbanos (Barbosa, 1991). Ainda que as obras e medidas corretivas apresentem custos significativos, vale a pena lembrar que as situações vigentes (sem controle) acarretam grandes prejuízos, os quais vêm sendo pagos pela sociedade de maneira difusa e mal distribuída, por meio dos danos em razão da interrupção de tráfego, da diminuição da atividade produtiva, dos acidentes, da avaria nos veículos e demais propriedades etc.

O lazer em lagos e clubes, a limpeza pública, a geração hidroelétrica e a irrigação de jardins, parques e hortaliças são outros exemplos de usos da água com origem nos processos de urbanização. Quando tais demandas ocorrem em processo planejado, pode-se administrar os conflitos e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos. Não é o caso da maioria das grandes cidades brasileiras, em que a política desenvolvimentista adotada no País teve seus reflexos marcantes nos recursos naturais, de maneira geral, e nos corpos hídricos, acentuadamente, ao longo dos quais se assentam concentrações urbanas.

A relação que as administrações públicas municipais têm em relação aos recursos hídricos no Brasil é bastante primária, normalmente depredatória. Utiliza-se a água para abastecimento, sendo freqüente a ocorrência de perdas (vazamentos), ao longo do processo de captação até a distribuição final, que podem chegar a valores de 30% a 50% da vazão final. O custo desse desperdício somado às

fugas (ligações clandestinas) é repassado ao consumidor na forma de tarifa. Além da oneração do serviço, essa forma de abordagem não contabiliza as necessidades de provimento de fundos para expansão futura do sistema. Em consequência, diante das dificuldades de financiamento, após atingir o gargalo quanto à capacidade dos sistemas, o consumidor será novamente penalizado, tendo de conviver com situações freqüentes de déficit. Felizmente, a partir de experiências pioneiras de controle de perdas, como a ocorrida em São Paulo, outras cidades do País começam a posicionar-se de modo mais prudente com relação a esse problema.

Outra faceta da atitude predatória das administrações municipais manifesta-se em relação à utilização intensiva dos rios como corpos receptores de esgotos. Mesmo no estado de São Paulo, é muito pequena (menos de 10%) a porcentagem de municípios que construíram e mantêm em operação estações convencionais ou outra forma de tratamento de esgotos. Nesse caso, também, as consequências econômicas em termos regionais são progressivamente agravantes, uma vez que as cidades localizadas rio abaixo têm custos maiores para o tratamento da água para abastecimento. As estimativas de custo são de R\$ 2,00 por mil metros cúbicos para tratamento de água preservada de baixa contaminação e de R\$ 8,00 para igual quantidade de água bastante contaminada.

Além das dificuldades setoriais mencionadas, ou por desconhecimento de soluções tecnológicas mais adequadas ou por falta de opção política para implementá-las, destacam-se também as enormes dificuldades para promover a gestão integrada dos setores e serviços hídricos, inserida no contexto dos demais setores da gestão urbana. Conforme apontado por diversos organismos e autores (Marcovitch, 1986), constata-se que o principal problema na gestão de recursos hídricos é o da coordenação em termos de processo, mais do que o da organização em termos de estrutura. A consideração dessas dificuldades é fator fundamental para selecionar e compor adequada combinação de instrumentos de gestão de recursos hídricos.

A COMPLEXIDADE E OS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Uma das características marcantes da era pós-industrial é a complexidade. Os fenômenos e processos sociais, econômicos e políticos não se restringem a sistemas isolados, mas interagem entre si causando impactos secundários que, por sua vez, podem ser maiores do que os efeitos primários originais. Os problemas associados ao uso de recursos hídricos incorporam nitidamente tais características de complexidade, conforme delineado previamente.

A motivação para o planejamento ocorre, muitas vezes, após um evento catastrófico (por exemplo, uma inundação severa) ou um período prolongado de condições hídricas quantitativas ou qualitativas intoleráveis. Seguindo a crise que desencadeou o planejamento, formam-se comitês e grupos de trabalho que suportam as ações governamentais desde o planejamento até a implementação das medidas julgadas necessárias e possíveis. Porém, tão logo é anunciada a construção de obras, haverá a organização de grupos da sociedade civil para questionar a validade e a conveniência de tais projetos. Os questionamentos não se restringem aos objetivos de conservação ou preservação ambiental da região onde se implantam as obras, mas freqüentemente incluem a avaliação de impactos em contexto regional mais amplo. Mesmo em se tratando da melhoria da qualidade da água, considerado um objetivo consensual, os opositores ao projeto colocarão questões sobre quem deve pagar para atingir tais objetivos (rateio dos custos). Antes considerados como empecilhos para o planejamento, em uma visão mais moderna tais processos de discussão devem ser propriamente interpretados como parte do planejamento, a ser feito de maneira democrática, descentralizada e participativa. É preciso compreender que as questões que criam conflitos em gestão de recursos hídricos são reais e legítimas, não-necessariamente produto de interesse próprio e inflexibilidade de posições de grupos ou pessoas.

Uma forma clássica de agrupar as ações e os instrumentos de gestão da água consiste em separar as medidas denominadas **estruturais**, associadas à construção de obras hidráulicas, das chamadas **não-estruturais**, associadas a ações que não demandam a construção de obras. A construção e a operação de obras hidráulicas visam converter a variabilidade da disponibilidade hídrica natural em uma forma que atenda ao local onde a água é requerida (redistribuição espacial), no momento em que ela é requerida (redistribuição temporal), na qualidade e quantidade necessárias e com regularidade de oferta adequada (confiabilidade minimamente aceitável). Alguns exemplos dessas obras incluem: reservatórios, canais de irrigação, diques, sistemas de tubulações etc. As medidas não-estruturais são tipicamente ilustradas por dispositivos legais (por exemplo, lei de proteção dos mananciais).

A partir da intensificação de restrições financeiras nas administrações municipais, somadas às preocupações ambientais, verifica-se as seguintes tendências mundiais com relação às soluções adotadas no gerenciamento dos recursos hídricos:

- substituição de obras para propósito único por obras associadas a propósitos múltiplos;
- introdução de tarifas progressivas, para limitar ou adiar as necessidades de expansão;

- abandono dos conceitos de planejar, projetar e operar as unidades para abastecimento de água dissociadas dos propósitos relacionados ao controle de cheias e ao controle de poluição;
- avaliação de alternativas de planejamento por meio de enfoque e metodologia multicriterial, em substituição à simples análise econômico-financeira;
- recurso das medidas legislativas como um meio para garantir o uso da água dentro de perspectiva de atendimento a metas sociais, em vez da simples satisfação de usuários individuais.

Verifica-se, no estado de São Paulo, que muitos dos instrumentos de gestão citados já vêm sendo empregados, especialmente após a elaboração e a publicação do Plano Estadual de Recursos Hídricos (DAEE, 1990). Esse trabalho contou com o apoio técnico-administrativo de grande número de técnicos (300) e órgãos estaduais (35), representando importante marco de articulação e negociação interinstitucional, em proporção talvez inédita na administração pública paulista. Sem grande detalhamento, destaca-se adiante alguns avanços conseguidos através dessa iniciativa.

Um primeiro aspecto decorrente do processo de discussão necessário para a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos foi a inclusão na Constituição Estadual de uma sessão específica (artigos 205 a 213) para tratar da matéria Recursos Hídricos. Conforme afirmação de Bezerril Jr. (1990), o exemplo da Carta de São Paulo coloca a legislação do estado em pé de igualdade com o que existe de mais atualizado nos países desenvolvidos.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos foi desencadeado a partir da constituição, em 1987, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, ao qual coube também estudar e propor a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH). Tal política visa "assegurar que a água, recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, possa ser controlada e utilizada em padrões de qualidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras em todo o território do Estado de São Paulo" (DAEE, 1990). Em consonância com o disposto na Constituição Estadual, os instrumentos de gerenciamento preconizados na referida política são:

- outorga de direito de uso dos recursos hídricos, tanto para a derivação (por exemplo, água para abastecimento urbano) como para a diluição, o transporte e a assimilação de poluentes;
- cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- rateio de custos das obras de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos.

A outorga de direito de uso já é prevista no Código de Águas do Brasil desde 1934 no aspecto quantitativo, sendo

exigência de órgão federal (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica — DNAEE), por exemplo, para a concessão de um aproveitamento hidroelétrico. Com a PERH pretende-se instrumentalizar a outorga de direito de lançamentos de esgotos e resíduos líquidos nos corpos de água.

A cobrança pelo uso da água é instrumento que tem sido aplicado pelos países desenvolvidos para dar racionalidade econômica à utilização dos recursos hídricos e, também, servir como mecanismo de geração de recursos financeiros para os serviços de obras de proteção, conservação e recuperação desses recursos. No estado de São Paulo, diversos estudos têm sido realizados visando à sua implementação (Fundap, 1991). Reconhece-se a cobrança não como uma penalidade, mas como um instrumento de planejamento e gerenciamento da água e como elemento educativo visando à racionalidade e ao uso equitativo. O critério geral que vem norteando a cobrança pelo uso da água é que ela deve ser feita dos usuários diretos que incluem:

- os para abastecimento público e industrial;
- os para irrigação;
- os para geração de energia hidroelétrica;
- os para diluição e transporte, em curso d'água, de esgotos e rejeitos públicos e industriais;
- municípios, estados e União pelos benefícios gerais recebidos pela população no uso direto dos cursos d'água para lazer, saneamento rural, agricultura, navegação e outros aproveitamentos.

Sendo tema relativamente recente em escolas e órgãos públicos brasileiros, a cobrança pelo uso da água tem suscitado diversos pontos de discussões e dificuldades. Um primeiro aspecto, de natureza conceitual, refere-se à própria estimativa do valor econômico da água (Cordeiro Netto, 1995). Do lado da oferta constata-se que um metro cúbico de água em determinado trecho de um manancial apresenta, em certo instante, atributos de quantidade, qualidade, energia potencial e outros que caracterizam a água como um bem multiforme. Do lado da demanda, a água exerce funções que variam em largo espectro, conforme discutido em tópicos anteriores. Apesar da existência de tais dificuldades, é aceita e demonstrável por diversos economistas a valoração econômica da água (Gibsons, 1986).

O rateio de custos das obras de recursos hídricos prevê normas e procedimentos para definir as proporções que cabem a cada setor beneficiado. A concessão de subsídios estatais somente é prevista no caso de interesse público relevante e na impossibilidade prática de identificação dos beneficiados, para o conseqüente rateio de custos.

Os instrumentos de gestão citados dependem de conjunto de organismos e do devido suporte institucional para

que sejam eficazes. Verifica-se enormes progressos no estado de São Paulo, com intensa participação da sociedade civil e bom número de comitês de bacias já instituídos. É claro que os resultados mais concretos deverão ser verificados em horizonte de médio e longo prazos, diante da gravidade e da complexidade para a gestão dos recursos hídricos no estado. A reorganização institucional deverá ser complementada com trabalhos educacionais, buscando a formação de novo perfil do usuário. Entre outras necessidades, o consumo *per capita* deve diminuir e a forma de romper-se certa inelasticidade da demanda é promover a alteração cultural nos costumes e hábitos, complementarmente às ações sobre os preços. Finalmente, o modelo de gestão de cobrança deve incorporar mecanismos de articulação interbacias, com vistas a resolver as interdependências entre a oferta, a demanda e a capitalização necessária à gestão da escassez.

OS CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Caracterização da região e dos problemas de gestão dos recursos hídricos

A maioria das dimensões de complexidade da gestão de recursos hídricos apresentadas nos tópicos anteriores tem sido contextualizada na região metropolitana de São Paulo (RMSP). A importância das questões relacionadas ao uso da água nessa região é motivo de debates, movimentação da sociedade civil, desencadeamento de ações no Judiciário, e tem requerido freqüentes esforços de negociação entre entidades governamentais, processo este nitidamente acentuado nos últimos três anos. Atualmente (março/1996), encontram-se em fase final os estudos das alternativas de aproveitamento e controle das bacias do Alto Tietê, de Piracicaba e da Baixada Santista, os quais vêm sendo elaborados pela Hidroplan — consórcio de empresas de consultoria contratadas pelo Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo (DAEE).

Os conflitos ocorrem nos âmbitos inter-regional (por exemplo, bacia do Alto Tietê *versus* bacia do Médio Tietê), inter-setorial (por exemplo, geração de energia elétrica e manutenção da qualidade da água) e intra-temporal (o quanto cada geração vai pagar pela recuperação da qualidade ambiental).

Na figura da página seguinte apresenta-se, de forma esquemática, a vinculação entre as bacias do Alto Tietê, de Piracicaba e da Baixada Santista, juntamente com os principais componentes desses sistemas. Pode-se resumir os principais conflitos em três grandes focos de interesse:

- o interesse pela aquisição de **água limpa**, a partir da cabeceira da bacia do rio Piracicaba, que vem sendo

usada para abastecimento da RMSP via sistema de reservatórios e estações de bombeamento conhecidos como **Sistema Cantareira**;

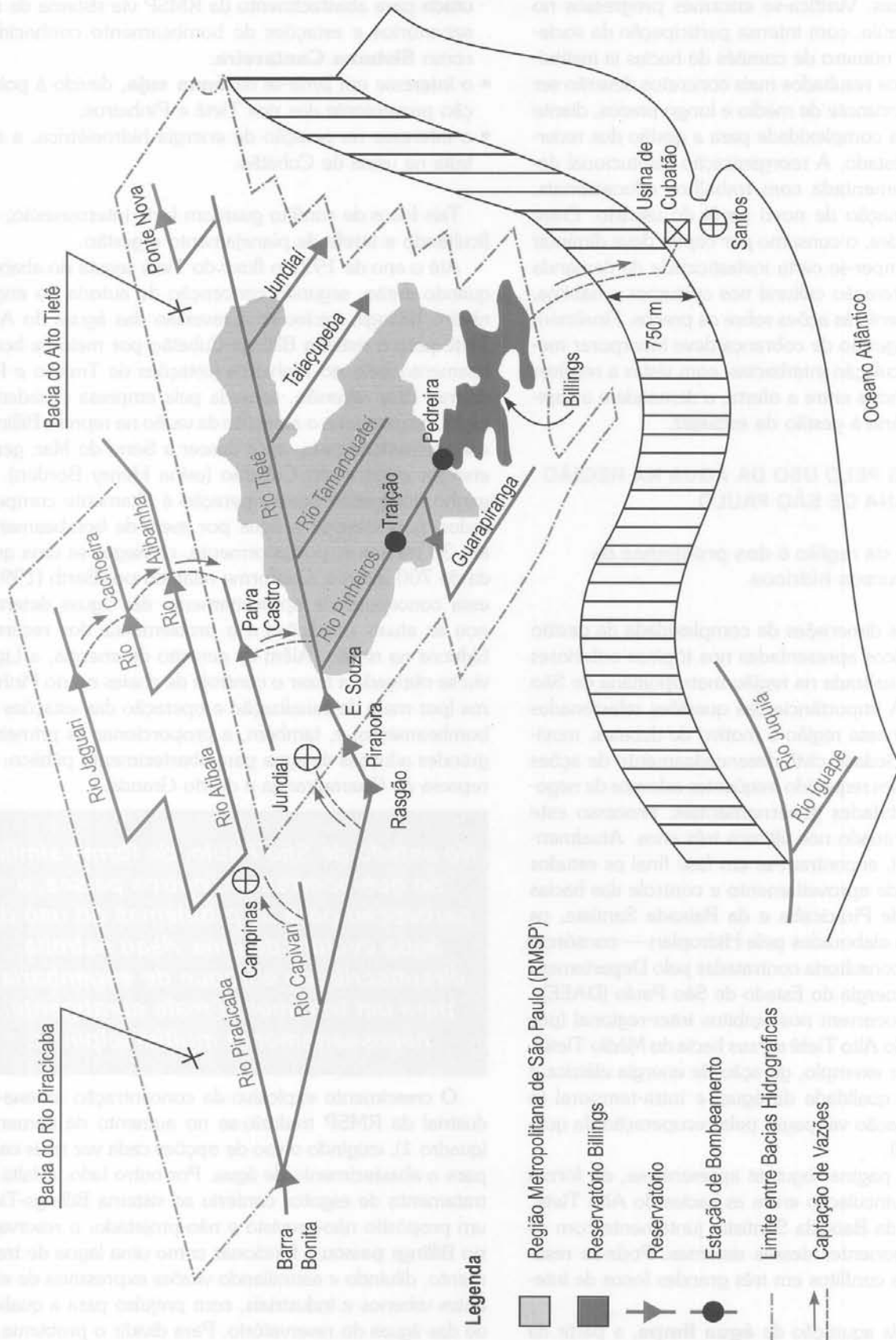
- o interesse em livrar-se da **água suja**, devido à poluição proveniente dos rios Tietê e Pinheiros;
- o interesse na geração de energia hidroelétrica, a ser feita na usina de Cubatão.

Tais focos de conflito guardam forte interconexão, dificultando a tarefa de planejamento e gestão.

Até o ano de 1927 o fluxo do Tietê seguia rio abaixo, quando então, segundo concepção de autoria do engenheiro Billings, iniciou-se a reversão das águas do Alto Tietê para o sistema Billings-Cubatão por meio de bombeamento pelo rio Pinheiros (estações de Traição e Pedreira). Essa reversão, adotada pela empresa canadense Light, proporciona o aumento da vazão na represa Billings e é aproveitada para, após descer a Serra do Mar, gerar energia elétrica em Cubatão (usina Henry Borden). O ganho energético dessa operação é altamente compensador, pois eleva-se a água por meio de bombeamento em 30 metros e, posteriormente, consegue-se uma queda de 700 metros. Conforme relatado por Barth (1995), essa concepção de aproveitamento das águas determinou as atuais condições e a problemática dos recursos hídricos na região. Além da geração de energia, a Light viu-se obrigada a fazer o controle de cheias no rio Pinheiros (por meio de canalização e operação das estações de bombeamento) e, também, a proporcionar as primeiras grandes aduções de água para abastecimento público: da represa de Guarapiranga e do rio Grande.

No estado de São Paulo, de forma similar ao que ocorreu em outros países, a percepção para os problemas do uso da água evoluiu de uma visão estreita, circunscrita ao enfoque de engenharia, para um tratamento mais abrangente, necessariamente multidisciplinar.

O crescimento explosivo da concentração urbana-industrial da RMSP traduziu-se no aumento da demanda (quadro 1), exigindo o uso de opções cada vez mais caras para o abastecimento de água. Por outro lado, a falta de tratamento de esgotos conferiu ao sistema Billings-Tietê um propósito não-previsto e não-projetado: o reservatório Billings passou a funcionar como uma lagoa de tratamento, diluindo e assimilando vazões expressivas de efluentes urbanos e industriais, com prejuízo para a qualidade das águas do reservatório. Para dividir o problema do destino da poluição adotou-se, a partir de 1983, uma prá-



Configuração do Sistema de Recursos Hídricos da RMSP e de seus Limites

tica operativa que bombeava apenas 50% da vazão do Tietê para a Billings e o restante descia no curso natural do Tietê. Atualmente, apesar de ter sua condição sanitária degradada pelos 40 anos de recebimento de esgotos, a utilização da Billings para o abastecimento público de água é hipótese comum a todas as alternativas estudadas.

Quadro 1

Crescimento da População, Área Urbanizada e Demanda de Água para Abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo

Ano	População	Área Urbanizada (km ²)	Demanda Total de Água (m ³ /s)
1880	40.000	2	0,1
1930	200.000	14	0,4
1940	1.000.000	130	5,0
1970	6.500.000	550	15,0
1985	13.000.000	900	31,0
1990	17.400.000	1500	43,0

A progressiva deterioração da qualidade das águas da Billings foi sentida diretamente pelas comunidades próximas a essa represa, pertencentes aos municípios do ABCD paulista (Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Diadema), que têm nível de conscientização política mais avançada em face do dinamismo de organização de sua população trabalhadora. A concentração de ambientalistas na região abrangida pela Billings é bastante relevante e reflete-se na representação política da região no contexto estadual. A pressão de tais grupos culminou com a inclusão na Constituição Estadual (1989) do artigo 46, o qual previu a cessação completa da reversão das águas do rio Tietê para a Billings a partir de período de três anos da data de promulgação do texto constitucional. De fato, tal cessação de bombeamento ocorreu a partir de 1992, o que originou grande polêmica entre representantes dos municípios do ABCD, do Médio Tietê (Pirapora do Bom Jesus, Salto, Itu, Barra Bonita etc.) e da Baixada Santista.

Dois grandes impactos dessa medida fizeram-se sentir de imediato. A grande carga poluidora do Tietê deteriorou sobremaneira as condições sanitárias e ambientais das cidades ribeirinhas ao longo do seu percurso, com reflexos e prejuízos à saúde pública, à fauna e à flora aquáticas, ao turismo e ao lazer (por exemplo, em Barra Bonita). Para se ter idéia do impacto sobre a saúde públi-

ca, registra-se o significativo aumento da mortalidade infantil na primeira cidade abaixo de São Paulo, Pirapora do Bom Jesus, a qual passou a receber grande volume de esgoto via rio Tietê, após o cessamento do bombeamento para a Billings ocorrido em 1992. Outro aspecto dessa medida fez-se sentir sobre o complexo industrial de Cubatão. A retirada da vazão adicional bombeada por meio da Billings provocou, em certas ocasiões, o avanço da água do mar sobre o rio Cubatão (intrusão da cunha salina). A água salgada no rio causou sérios prejuízos às atividades operacionais de indústrias que captavam água no rio Cubatão, com danos aos equipamentos, o que introduziu mais um componente no já complexo emaranhado de interesses relacionados à gestão da água do sistema Tietê-Billings.

Proposição de um modelo multiobjetivo para a seleção de alternativas de planejamento dos recursos hídricos da RMSP

As complexidades física, sócio-econômica e política em que se insere o planejamento de recursos hídricos na RMSP requerem um enfoque integrado que consiga contemplar as múltiplas facetas das questões e dos agentes envolvidos. A partir dos estudos de alternativas que vêm sendo desenvolvidos pelo consórcio de empresas Hidroplan, planeja-se o aproveitamento de recursos hídricos nas etapas de curto (cinco anos), médio (dez anos) e longo (vinte anos) prazos. Com base em estudos de engenharia hidrológica, geologia, saneamento, sócio-economia e outras especialidades, foram geradas sete alternativas de soluções para a represa Billings que serão apresentadas aos comitês de bacias e, posteriormente, ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) para a seleção final de uma delas. Cada comitê de bacia tem 48 membros com representação da sociedade civil, de prefeituras e agências governamentais, universidades e centros de pesquisa existentes nas bacias. O CERH é composto por onze membros, cada qual representando uma Secretaria de Estado.

De maneira a subsidiar o processo de tomada de decisão sobre as alternativas, Barbosa & Gobbetti (1995) formularam um modelo multiobjetivo (ou multicriterial ou, ainda, multiatributo) que contempla os principais aspectos do conflito pelo uso da água na região. Especificamente, optou-se pela utilização da técnica conhecida por *Electre* (Roy & Bertier, 1971), a qual tem sido reconhecida mundialmente como adequada para estabelecer uma hierarquia de alternativas em problemas cuja avaliação inclua aspectos quantificáveis e, também, aspectos de valoração subjetiva. Foram definidos oito macro-objetivos para avaliar as sete alternativas de planejamento, apresentados no quadro 2.

Quadro 2

Macro-Objetivos Considerados na Avaliação das Alternativas

Macro-Objetivo	Mensuração	Número de Critérios Associados
Abastecimento de água	Vazão disponível (m ³ /s)	2
Qualidade da água	Parâmetros de qualidade (OD, coliformes etc.)	8
Saúde ambiental	Parâmetros associados com a saúde pública e os ecossistemas naturais	15
Geração de energia elétrica	Produção de energia em MWh	1
Aspectos sócio-econômicos	Subjetiva, baseada na opinião de um grupo multidisciplinar	6
Aspectos legais e institucionais	Subjetiva, baseada na opinião de um grupo multidisciplinar	4
Controle de enchentes	Nível de proteção contra cheias	2
Custo	Bilhões de dólares	1

Alguns macro-objetivos carecem de subdivisão em critérios, para garantir o seu refinamento, que considere variações espaciais ou seus elementos formadores. Por exemplo, o macro-objetivo **qualidade da água** requer a indicação de onde estará sendo tratado esse aspecto, exigindo a subdivisão em oito critérios, cada qual relativo a um local (Billings, Tietê, Baixada Santista etc.). A saúde ambiental exige a subdivisão em saúde pública, ecossistemas naturais e interferência com dispositivos legais de proteção. Os aspectos sócio-econômicos incluem a avaliação dos efeitos sobre a valorização imobiliária, o comércio, o lazer, a indução de desenvolvimento regional, os impactos sobre o patrimônio histórico-cultural etc.

Com o intuito de estabelecer uma forma sistemática de analisar os efeitos das alternativas segundo cada critério de avaliação, foi adotada uma escala ordinal de cinco patamares com gradação decrescente, como indicado no quadro 3 que ilustra a aplicação da escala padrão para o caso do macro-objetivo **qualidade da água**. Essa escala

Quadro 3

Escala Padrão Aplicada ao Macro-Objetivo Qualidade da Água

Valor na Escala	Descrição Qualitativa	Descrição da Condição da Água
5	Muito boa	Padrão adequado para abastecimento público
4	Boa	Padrão adequado para contato primário (banho)
3	Regular	Padrão adequado para contato secundário (pesca)
2	Ruim	Para, no máximo, finalidade estética
1	Péssima	Só para transporte ou geração de energia hidroelétrica

foi construída para todos os macro-objetivos e critérios, com base na avaliação e nas recomendações de especialistas em cada área (engenheiros, biólogos, químicos, advogados etc.). Tendo por base os macro-objetivos e critérios, associados à respectiva escala, pode-se avaliar as sete alternativas de planejamento, descritas sumariamente no quadro 4, formando uma matriz de avaliação das alternativas.

As complexidades física, sócio-econômica e política em que se insere o planejamento de recursos hídricos na RMSF requerem um enfoque integrado que consiga contemplar as múltiplas facetas das questões e dos agentes envolvidos.

Utiliza-se, no método multiobjetivo *Electre*, dois conceitos para **mapear** a qualidade de uma decisão: índice de concordância (IC) e índice de discordância (ID). Assume-se que cada decisor possui uma estrutura de preferência que faz com que certos objetivos e critérios tenham maior preponderância em relação a outros na avaliação das alternativas. Assim, após suficiente obtenção de informações sobre o problema em foco, o decisor define um peso $w(k)$ a cada objetivo k , traduzindo dessa forma sua es-

Quadro 4

Alternativas de Uso dos Recursos Hídricos para Billings — Alto Tietê

Alternativa de Planejamento	Descrição (ver figura)	Estimativa de Custo (Bilhões de US\$)
A - 1	Nenhuma parcela de bombeamento das águas dos rios Tietê e Pinheiros para a represa Billings. Interrupção total da geração hidroelétrica na usina de Henry Borden (Cubatão).	3.963
A - 2	Bombeamento das águas dos rios Tietê e Pinheiros apenas em situações de cheias. Interrupção parcial da geração elétrica na usina de Henry Borden.	3.145
A - 3	Bombeamento paramétrico das águas dos rios Tietê e Pinheiros para a represa Billings sujeito a monitoramento da qualidade das águas nesse reservatório.	2.177
A - 4	Nenhum bombeamento durante o período de estiagem e bombeamento paramétrico durante a estação chuvosa (também sujeito a monitoramento).	2.641
A - 5	Construção de lagos laterais (conjunto 1), isolados do corpo central do reservatório Billings, sendo o esgoto lançado apenas no corpo central. Os lagos isolados contribuem para o atendimento dos requisitos de abastecimento urbano.	2.441
A - 6	Construção de lagos laterais (conjunto 2), isolados do corpo central do reservatório Billings, sendo o esgoto lançado apenas no corpo central. Os lagos isolados contribuem para o atendimento dos requisitos de abastecimento urbano.	2.434
A - 7	Construção de um túnel para transferir a água bombeada dos rios Tietê e Pinheiros para um lago isolado (Pedras) no final da Billings e daí para a usina de Henry Borden.	3.303

estrutura de preferência. A concordância entre duas alternativas, i e j , é a medida relativa da proporção ponderada de objetivos para os quais a alternativa i é preferida em vez de a alternativa j . Definido matematicamente em termos formais pelo índice de concordância, IC , tal indicador varia entre zero (nenhuma concordância) e um (máxima concordância). Quanto maior o índice de concordância $IC(i, j)$ significa que maior número de critérios e objetivos estará sendo atendido ao ser escolhida a alternativa i sobre a j .

De forma complementar ao conceito de concordância, no método *Electre* trabalha-se com o conceito de discordância. Não adianta tomar uma decisão com, por exemplo, 95% dos critérios (ponderados pelos pesos do decisor) atendidos se não for contemplado um patamar mínimo de atendimento para os 5% restantes. Em questões conflitantes, como as de gestão de recursos hídricos, a exclusão total de um critério pode comprometer a viabilização política de um plano: o grupo que tem interesse máximo na consideração daquele critério pode organizar-se e bloquear alguma etapa da

seqüência decisória. Assim, o índice de discordância $ID(i, j)$ entre duas alternativas, i e j , é uma medida do grau de insatisfação incorrido na decisão de escolher a alternativa i sobre a j .

Dada a matriz de avaliação de alternativas e definidos os pesos dos critérios segundo certa preferência do decisor, fixa-se um nível de concordância mínimo aceitável e um índice de discordância máximo tolerável. O método *Electre* fornece, então, a hierarquia de alternativas de planejamento correspondente a essas especificações.

A título de ilustração, apresenta-se duas situações de decisores hipotéticos. O primeiro deles, D1, tem preferência pelo macro-objetivo **abastecimento de água** e prioriza, também, a preservação do reservatório Billings. O segundo, D2, tem preferência pelo macro-objetivo **qualidade da água** e prioriza o Médio Tietê. Tais estruturas de preferências são traduzidas no modelo multiobjetivo pela atribuição de pesos W_i apresentada no quadro 5. O resultado, em termos de hierarquia de alternativas para cada caso (decisor), é apresentado no quadro 6.

Quadro 5

Pesos Atribuídos pelos Decisores Hipotéticos

Macro-Objetivo	Peso Atribuído pelo Decisor (Wi)	
	D1	D2
Abastecimento de água	3	1
Qualidade da água	1	3
Saúde ambiental	1	1
Geração de energia elétrica	1	1
Aspectos sócio-econômicos	1	1
Aspectos legais e institucionais	1	1
Controle de enchentes	1	1
Custo	1	1

Quadro 6

Resultado da Aplicação do Modelo Multiobjetivo

Posição Hierárquica	Alternativa	
	Decisor D1	Decisor D2
1	A-5	A-7
2	A-6	A-3
3	A-7	A-4
4	A-2	A-6
5	A-1	A-2
6	A-4	A-5
7	A-3	A-1

Os resultados constantes no quadro 6 e outros testes realizados mostram a boa consistência do modelo multiobjetivo apresentado. O decisor D1 valoriza mais o abastecimento de água e, de fato, as alternativas A-5 e A-6 são as que fornecem maior disponibilidade de água (36,6 m³/s e 36,3 m³/s, respectivamente). O decisor D2 valoriza mais a qualidade da água e a preservação do Médio Tietê, o que é conseguido mais plenamente através da alternativa A-7: bombeamento de todo o esgoto para a usina de Henry Borden. Para o decisor D2 a pior situação seria a correspondente à alternativa A-1, uma vez que nela todo o esgoto de São Paulo desceria o rio Tietê, não atendendo o interesse desse decisor.

Além da sistematização das informações exigida para a aplicação do modelo multiobjetivo, destacam-se os seguintes benefícios:

- a forma de votação (atribuição de pesos) elimina, ou pelo menos minimiza, os interesses bairristas dos representantes regionais, uma vez que a atribuição de pesos é feita sobre os critérios e não sobre as alternativas;
- cada objetivo tem a sua mensuração feita por meio de escala e unidade de medida apropriadas, não havendo a necessidade de introduzir distorções como seria preciso em outros métodos de análise de projetos;
- consegue-se bom nível de representação dos múltiplos aspectos do planejamento de recursos hídricos, incluindo fatores de natureza técnica, bem como aqueles de natureza sociopolítica e ambientais, garantindo assim melhores chances de implementação da alternativa de planejamento que vier a ser escolhida.

No entanto, vale alertar que o fascínio da modelagem matemática nos processos de decisão não nos exime da tarefa de investigar e buscar alternativas que, de fato, são boas opções de planejamento. Qualquer procedimento de seleção só tem sentido nesse contexto. Toda teoria da análise multiobjetivo será inócua diante de um conjunto de péssimas alternativas.

CONCLUSÕES

Foram apresentados neste artigo os principais aspectos conceituais, os condicionantes, as complexidades e as dificuldades do gerenciamento de recursos hídricos contextualizados no estado de São Paulo. A falta de planejamento de longo prazo, ou a ausência da implementação efetiva dos planos, aliada ao acentuado crescimento urbano e industrial verificado em algumas regiões do estado, nas últimas décadas, agravaram sobremaneira os problemas e conflitos relacionados ao uso da água. Muitas das soluções que poderiam ser tomadas preventivamente, a custo menor, há décadas, hoje não são mais possíveis pela desordenada ocupação urbana, exigindo obras corretivas e soluções onerosas. O elevado grau de interconexão dos problemas passou a exigir profunda reorganização institucional dos setores ligados aos recursos hídricos, grandes esforços de negociação entre os setores governamentais e, ainda, progressivamente, maior envolvimento da sociedade civil. A despeito das enormes dificuldades de curto prazo, acredita-se, com base nas experiências similares de outros países, que tal processo deverá atingir, a longo prazo, uma solução de compromisso que proporcione maior equilíbrio no uso dos recursos hídricos do estado, em condição mais próxima das metas pretendidas com o conceito de desenvolvimento sustentável. ♦

RESUMO

Neste trabalho descreve-se a estrutura conceitual, as principais complexidades e as questões ligadas ao gerenciamento de recursos hídricos. Os problemas do Estado de São Paulo são tomados como um estudo de caso, com especial ênfase na região metropolitana de São Paulo e áreas circunvizinhas. As complexidades físicas, sociais e financeiras relacionadas ao gerenciamento hídrico nessa região apontam a necessidade de uma solução de gerenciamento integrada, abrangendo todas as utilidades da água e dentro de uma perspectiva inter-regional. Também são apresentadas a formulação e a aplicação de um processo de tomada de decisões que visa à seleção de uma alternativa de planejamento definitiva. O processo é baseado em um modelo multiobjetivo que inclui todas as questões relevantes para a tomada de decisões.

Palavras-chave: gerenciamento de recursos hídricos, tomada de decisão, planejamento regional, recursos naturais, administração pública.

ABSTRACT

This paper describes the conceptual framework, the main complexities and issues related to water resources management. The problem of São Paulo State is taken as a case study, with special focus on metropolitan region of São Paulo and its surrounding areas. The physical, social and financial complexities related to water management in this region suggests the need of an integrated management solution, encompassing all water purposes and requiring an inter-regional perspective. Thus the paper also presents the formulation and the application of a decision making process that is addressed to selection of a final planning alternative. This process is based on a multiobjective model which includes all relevant issues required to decision making.

Uniterms: water resources planning and management, decision making, multiple objectives, management of river basin, environmental issues in urban areas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, P.S.F. O efeito Noé, as enchentes e o caos urbano. *Folha de S.Paulo*, 27 set. 1991.
- BARBOSA, P.S.F. & GOBBETTI, L.E.C. *Multiplan*: modelo multiobjetivo para seleção de alternativas do plano integrado para aproveitamento e controle dos recursos hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista. São Paulo, Consórcio Hidroplan, set. 1995. [Relatório Técnico n.2]
- BARTH, F.T. Aspectos históricos e técnicos — fórum de debates sobre o sistema Tietê-Billings. *Revista do Instituto de Engenharia*, n. 510, p.34-37, 1995.
- BEZERRIL Jr., Recursos hídricos no estado de São Paulo. *Revista do Instituto de Engenharia*, n.478, p.14-29, maio/jun. 1990.
- CORDEIRO NETTO, O.M. Estimativa do valor econômico da água: uma discussão teórica. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11. Recife-PE, *Anais*, v.3, p.45-49, nov. 1995.
- FUNDAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO ADMINISTRATIVO (Fundap). *Cobrança pelo uso da água*. São Paulo, dez. 1991.
- GIBSONS, D.C. *The economic value of water*. Washigton, Resources for the Future Inc., 1986. 101p.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo (DAEE). Secretaria de Obras e do Meio Ambiente. *Administração dos recursos hídricos da bacia do rio Piracicaba — estratégia de ação*. São Paulo, DAEE, set. 1984.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo (DAEE). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. *Plano estadual de recursos hídricos*. São Paulo, DAEE, 1990.
- MARCOVITCH, J. Uso racional das águas. *Revista São Paulo Energia*, n.32, p.13-17, dez. 1986.
- ROY, B. & BERTIER, P. La method Electre-II. Paris, Groupe Metra, Apr. 1971. [Note trav. 142, Dir. Sci.]