

## Modelo de Cobrança para a Gestão da Escassez de Água

**Aurélio Teodoro Fontes**

*Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada*

*Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - aurelio@sc.usp.br*

**Marcelo Pereira de Souza**

*Departamento de Hidráulica e Saneamento*

*Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - mps@sc.usp.br*

*Recebido: 24/06/03 - revisado: 23/01/04 - aceito: 24/04/04*

---

### **RESUMO**

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos apresenta a cobrança pelo uso de água como um instrumento de gestão de recursos hídricos de caráter econômico. Considerando esse caráter, a cobrança deve ter como objetivo, entre outros, racionalizar o uso do recurso baseado na sua escassez. Além dessa meta, como instrumento de gestão de uma política que lista como primeiro objetivo “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”, a cobrança deve ser implementada de maneira que o agente usuário direcione seu comportamento no sentido da sustentabilidade ambiental.

Mediante esses fundamentos, o que se pretende mostrar neste trabalho é a aplicação de um modelo de cobrança sobre o uso da água que considera como princípio base a manutenção da qualidade ambiental medida pela adequada gestão da escassez de água e, compondo a busca dessa qualidade, a racionalização econômica e a viabilização financeira. Essa predominância do ambiente sobre aspectos econômicos vai de encontro aos argumentos segundo os quais os impactos advindos dos usos da água serão corrigidos indefinidamente mediante investimentos financeiros em infra-estrutura. Admitir que o desenvolvimento tem esse poder é supor equivocadamente que o meio econômico é limitante do meio ambiente e não o contrário. Essa constatação mostra qual é o problema da maioria das propostas de cobrança que valoram a água baseadas em custos de tratamento de resíduos e de obras hidráulicas. Por mais elaborados que sejam esses métodos de cobrança, chegando a ponto de se conseguir que fique mais caro, mediante um padrão ambiental corretamente definido, captar água ou lançar poluentes do que racionalizar usos, o preço da água não pode estar baseado em fatores cuja sustentabilidade pode ser superada pelo ritmo de crescimento econômico. A sustentabilidade dos recursos hídricos só será base da cobrança pelo uso de água se o valor cobrado for dificultando esse uso à medida que os recursos se tornarem escassos, e não quando os custos de medidas mitigadoras dessa escassez tornarem-se muito elevados.

Portanto, o modelo de cobrança proposto neste trabalho procura garantir que o agente econômico que está exaurindo o meio ambiente não possa ter capacidade de pagar por essa degradação, ajudando efetivamente a política de outorga do direito de uso da água e a observância da capacidade de suporte do meio.

**Palavras-chave:** modelo de cobrança; escassez de água.

---

### **INTRODUÇÃO**

No Brasil, assim como em grande parte do mundo, o ar que se respira ou a água que se bebe dos rios são culturalmente encarados pela sociedade como bens naturalmente disponíveis. Para o indivíduo comum, esse cenário ainda é realidade enquanto esses usos não representarem risco à saúde.

Entretanto, esse raciocínio não pode ser aplicado diretamente para usos em escalas maiores. Em função do aumento vertiginoso do uso de recursos naturais no último século, não se pode utilizá-los de maneira indiscriminada sem que seja considerada a escassez imposta pelo meio ambiente. Alguma modalidade de gestão se faz necessária

para tornar o uso desses recursos sustentável, principalmente sobre aqueles agentes cuja escala de utilização supera largamente os simples atos de respirar ou beber. A partir dessa realidade, maior é o potencial para ocorrência de conflitos entre os múltiplos usos de recursos naturais e maiores são os riscos de degradação da qualidade desses recursos, fazendo-se necessária a existência de instrumentos eficientes e maneiras de atuação que visem a solucionar esses problemas.

Especificamente, quando se trata de recursos hídricos, surge dentre essas ações a cobrança pelo uso da água, instrumento de gestão ambiental já utilizado em diversos países, mas cuja concepção necessita ser cuidada a fim de que sejam alcançados seus objetivos. Essa motiva-

ção para o surgimento da cobrança já indica quais devem ser seus objetivos, e a tradução de sua função num sistema de gestão ambiental mostra qual sua principal tarefa, a saber: contribuir (papel do *instrumento*) na administração (sinônimo de *gestão*) de conjunturas ambientais desfavoráveis (próprio do adjetivo *ambiental*).

A ressalva quanto ao alcance da cobrança é importante à medida que sua utilização vem sendo direcionada muito mais para a mitigação de problemas do que para a prevenção. Se analisada a maioria das experiências de cobrança existentes no mundo verifica-se que elas se afastam do conceito daquilo que seria gerir recursos ambientais para se aproximarem da concepção de simples instrumentos de financiamento de obras e serviços que atuam apenas sobre os impactos sofridos por esses recursos - como demonstram diversos trabalhos publicados. (Barraqué, 1995; Kraemer, 1999; Lanna, 2000; Pessoa et all, 2001; Seroa, 1998; Zabel, 1999).

É importante diferenciar o valor cobrado que é função direta da qualidade da água daquele associado a obras de infra-estrutura, ou ao uso de tecnologia em geral, que visem disponibilizar mais água. Para o segundo caso, fica claro a existência de um limite, já observado em regiões do Estado de São Paulo com conflitos de uso da água, mediante o qual o sistema de gestão é obrigado a impor um racionamento. Para o primeiro caso, esse racionamento viria de maneira muito menos traumática, com os usuários tendendo “naturalmente” a diminuir a demanda pelo recurso antes de alcançado o limite para seu uso.

Além disso, nada impede que o dinheiro arrecadado com a cobrança aos usuários de água, mesmo não sendo um rateio do custo de obras e serviços de infra-estrutura hidráulico-sanitária, seja usado em atividades visando à melhoria da oferta de recurso hídrico. Inclusive, para que os usuários pagadores aceitem a cobrança, é muito importante a utilização do montante arrecadado com a cobrança pelo recurso hídrico, de determinado trecho de corpo d’água, em obras e serviços que visem a sustentabilidade do sistema local.

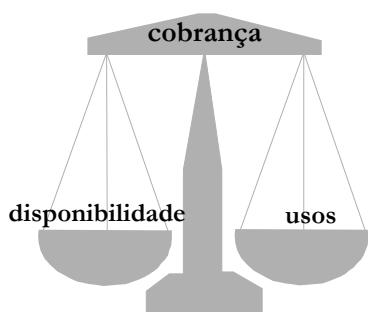


Figura 1 - Objetivo da cobrança

Esses argumentos expostos indicam como os preços da água devem obedecer à lógica da cobrança como instrumento de gestão ambiental e não outra que a faça ser reconhecida como mera fonte de arrecadação. De maneira mais direta, o preço pago para a utilização da água deve visar ao equilíbrio entre o uso desejado e a disponibilidade de recurso. Isso é ilustrado pela figura (1), na qual a cobrança está assentada sobre a escassez de água.

O desafio é associar o valor cobrado ao grau de comprometimento do uso da água, ou seja, faz-se necessário o diagnóstico do momento em que os usuários passem a inviabilizar o uso desejado e, a partir desse instante, fazer com que a cobrança induza os usos a patamares compatíveis com as condições ambientais adequadas.

## FUNDAMENTOS E LEGISLAÇÃO

Quando utilizada a cronologia e o conteúdo da legislação brasileira como balizamento de análise acerca desse assunto, também pode ser notado que o caráter meramente financiador está em desacordo com os fundamentos encontrados na origem da cobrança pelo uso da água no Brasil. Pode-se começar observando o antigo Código Civil Brasileiro promulgado em 1916, no qual já constava que o uso comum dos bens públicos pode ser gratuito ou retribuído.

Nesse ponto, surge a necessidade de análise da água como bem de caráter público, o que pode ser facilitado subvertendo-se a ordem cronológica de apresentação dos diplomas legais brasileiros, a fim de destacar o primeiro fundamento da atual Política Nacional de Recursos Hídricos (instituída pela Lei Federal nº 9.433/97): “a água é um bem de domínio público”.

Esse fundamento, segundo Machado (2001), implica o comprometimento do Poder Público como gestor da água visando ao interesse de todos. Assim sendo, visto que a Constituição Federal da República promulgada em 1988 traz grafado que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo...”, chega-se à indicação da cobrança como instrumento de gestão ambiental.

Anteriormente, o Código de Águas (Decreto Federal nº 24.643/34) confirmou a possibilidade de uso retribuído da água e acrescentou fundamentos de proteção dos recursos hídricos e de proteção da saúde humana, destacando o valor das águas para o desenvolvimento econômico e social. Assim sendo, além de cobrança pelo uso da água, a associação dos usos múltiplos à gestão de recursos hídricos já pôde ser vislumbrada pela primeira vez.

Fornecendo as diretrizes do momento atual, a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/81) e a já citada Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) dão destaque à possibilidade de cobrança pela utilização de recursos hídricos em função do valor

econômico associado ao seu uso. Ainda na PNRH, aparecem como fundamentos sobre os quais essa política deve ser baseada, entre outras coisas, a limitação da água como recurso e, por consequência, a possibilidade de escassez d'água.

Começa, então, a tomar corpo um maior detalhamento de como devem ser executadas propostas de cobrança e quais devem ser seus objetivos. Entre esses objetivos, novamente destaque-se o reconhecimento da água como bem econômico e, associado a esse reconhecimento, a necessidade de o usuário ter o real valor do recurso hídrico refletido na quantia cobrada.

Percebe-se, mediante as observações até aqui elencadas, que a cobrança é concebida principalmente como instrumento de gestão da escassez de recursos hídricos, ou seja, o caráter econômico da água é dado pelo fato de esta ser um bem escasso e, portanto, possuidor de valor econômico. Assim, não se deve fundamentar o valor cobrado em custos de financiamento de obras e serviços. Mesmo que a cobrança tenha como um de seus objetivos a obtenção de recursos financeiros, e que isto tenha como resultado inicial o aumento de oferta de água, a ênfase de sua formação sempre deverá estar fortemente ligada à sua utilização como instrumento de gestão ambiental.

Retomando as referências legais, a mesma Lei nº 9.433/97 utiliza um princípio segundo o qual o uso da água deve ser pago quando este implica na retirada de determinado volume de água ou no lançamento de poluentes. Significando, em ambos os casos, que os valores cobrados pelo recurso hídrico deverão considerar o impacto ambiental produzido, já que este é consequência das características dos usos supracitados (relação causa-efeito).

Como grandes impactos negativos sobre a água podem levar à impossibilidade de seu uso, novamente aparece a necessidade de o valor cobrado junto ao usuário de água ser função da escassez do recurso hídrico. Mais do que isso, o valor total arrecadado pelo sistema de cobrança deve ser fundamentado na gestão dessa escassez, mesmo que o montante arrecadado sirva para o financiamento de ações mitigadoras da oferta de recursos hídricos.

Logo, o sistema de cobrança não deve ter como princípio o rateio de custo para financiar atividades como, por exemplo, abastecimento de água ou de tratamento de esgoto. O produto da cobrança pode financiar esses tipos de serviços, mas as já conhecidas tarifas cobradas pelas companhias de água e esgoto é que devem ser função dos custos desses serviços. Fazendo a distinção entre a cobrança pelo uso da água disponível no ambiente e a cobrança pelos serviços de saneamento urbano, a primeira seria cobrada das companhias tendo como objetivo principal a sustentabilidade ambiental e a segunda continuaria sendo cobrada pelas companhias em função dos custos dos serviços prestados.

Cobrar pela água utilizada como fator de produção de bens e serviços e que altera a quantidade ou a qualidade de um corpo de água, como estabelecido na PNRH, é conhecido como princípio usuário-pagador. Esse conceito amplia o princípio poluidor-pagador sistematizado em texto da Organização para a Cooperação Econômica e para o Desenvolvimento - OECD (1975), considerando como semântica adequada a designação usuário para todos os agentes econômicos, inclusive para aquele que polui.

O princípio poluidor-pagador foi desenvolvido a fim de inserir a degradação dos recursos naturais ocasionada pelos agentes econômicos nos custos de suas atividades - "taxas de Pigou". No entanto, ele não tem como preocupação original a manutenção de um padrão de qualidade ambiental. Apesar de procurar refletir a escassez do recurso ambiental num aumento de custo, ou de valor desse recurso, esse aumento só estaria "limitado" em função da eficiência econômica do sistema. Assim, se aplicado o princípio citado de acordo com sua concepção original, tem-se apenas a busca de eficiência econômica-financeira, mesmo que também aconteça a associação do valor monetário do recurso ambiental à capacidade de suporte do meio.

A própria PNRH, ao colocar como primeiro objetivo "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos", e tendo como um de seus instrumentos a cobrança, indica que o valor a ser cobrado pelo uso da água deve buscar, além de racionalização econômica, a sustentabilidade ambiental.

Finalizando a fundamentação baseada na legislação pertinente à cobrança, justifica-se a utilização dos termos tarifa, preço e taxa a partir de Panone *et al* (2001), os quais apontam o fato de legislações estaduais de recursos hídricos utilizarem corretamente a expressão "preço público" na qualificação da cobrança. Segundo os autores, o ingresso de recursos financeiros no Tesouro Público deve receber o nome de preço público sempre que o pagamento é efetuado em contraprestação de um serviço ou bem oferecido pelo governo.

Os mesmos autores colocam que a cobrança de recursos hídricos constitui-se em tarifa, não se configurando em imposto ou taxa, posto que estes se tratam de tributos que derivam do patrimônio do particular, o que não se aplica à água. Assim, em função dos fundamentos apresentados até agora, conclui-se que a cobrança pelo uso do bem público água trata-se de tarifa ou preço público.

O caráter de bem público da água suscita outra questão interessante quando se faz necessário impor limites de utilização em função de usos estabelecidos. Instrumentos de regulação direta (instrumentos das chamadas *command and control policies*), principalmente a outorga do direito de uso da água, são pensados para a definição destes limites. Porém, existe um problema: não se pode de-

terminar de maneira cabal que a partir de um instante qualquer, além dos usuários já instalados, ninguém mais poderá usar a água de determinada localidade. Se o novo usuário potencial propõe se instalar da mesma forma que os usuários já estabelecidos, como ir contra o conceito de bem público atribuído à água? Como negar o direito de acesso à água para iguais?

Na prática, negar o uso do recurso natural para determinada atividade que apresenta a mesma condição de outra já contemplada com esse mesmo recurso é como restringir este uso só para alguns, retirando do recurso seu caráter de bem comum. Levada a cabo essa situação, por ter chegado primeiro, o usuário poderia usufruir o recurso natural como se fora seu. Mudar uma condição assim, mesmo considerando a temporalidade de critérios de outorga definidos nos comitês de bacias, requer um grande esforço dos envolvidos, além de eficácia também temporária, visto que novo patamar de escassez do recurso deverá ser atingido.

Um importante passo em direção à sustentabilidade do meio será dado se, além da outorga, a definição dos valores de cobrança da água considerar um “ponto de saturação” do meio - ponto a partir do qual o recurso hídrico deixará de apresentar a qualidade necessária ao uso pretendido. Essa deve ser a base do valor monetário atribuído a determinado volume de água para que o sistema de cobrança seja eficiente.

Mesmo que determinado preço unitário de água seja adequadamente majorado ou diminuído em função de fatores ambientais (tipo de usuário, sazonalidade, localização etc.), e mesmo que a arrecadação garanta dinheiro para obras de minimização de poluição e de regularização de água, a carga remanescente dos efluentes e o que restar da quantidade de água consumida, mesmo que “otimizados” em função do valor cobrado, poderão levar ao comprometimento do uso pretendido para a água mais facilmente se não houver a associação da cobrança a um limite para sua utilização.

## MODELO DE COBRANÇA

Considerando a argumentação até aqui desenvolvida, o presente trabalho pretende contribuir efetivamente com a implementação da cobrança como instrumento econômico de gestão dos recursos hídricos apresentando um modelo baseado na metodologia proposta por Souza (1995), com modificações visando à eficácia na consecução de seus objetivos e à aplicabilidade frente à diversidade de fatores e agentes envolvidos.

Souza (1995), pensando a gestão dos recursos hídricos de maneira integrada e tendo como referência a sustentabilidade do meio, propõe uma metodologia de cobrança associando os valores a serem cobrados aos padrões de qualidade e de emissão, ou seja, associando-os

aos limites de concentrações permitidos para os corpos d’água e para os efluentes segundo a resolução CONAMA 20/86. Além disso, o conceito de modelo de cobrança proposto pelo autor visa a possibilitar um melhor diálogo entre esses instrumentos.

Analizando-se a outorga e o licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras que utilizam recurso hídrico como insumo ou como receptor de resíduos, percebe-se que, entre outros direitos, para o usuário lhe é permitido o exercício da atividade se o padrão de emissão for obedecido e se sua atividade de forma isolada não comprometer a qualidade do recurso hídrico dada pelo padrão de qualidade. Entretanto, percebe-se certa fragilidade na aplicação desses instrumentos no que diz respeito à garantia da sustentabilidade do meio quando, consideradas as dimensões temporal e espacial, a soma das alterações provocadas pelas atividades levam o recurso hídrico a uma condição inferior à pretendida para seu uso.

Assim como a metodologia citada, o modelo aqui proposto contempla a cobrança sobre o uso dos recursos hídricos de corpos d’água superficiais relativa ao lançamento de efluentes e sobre a captação de água. No caso dos efluentes, considera-se a água utilizada para diluição, assimilação ou transporte de poluentes. Como volume de água captada que deve ser cobrado é considerada apenas a quantia retirada que não retorna ao corpo d’água, ou seja, apenas aquela cujo uso é consuntivo.

Em ambos os casos, o valor da tarifa a ser cobrada de cada usuário é definido simplesmente multiplicando-se o volume consumido pelo preço “unitário” de água, que é um preço por unidade de volume, e por um multiplicador, definido pelo Comitê de Bacia, que onere ou diminua o valor cobrado em função de aspectos prioritários do Plano de Recursos Hídricos, tais como: racionalização do uso da água, condições econômicas e sociais específicas e localização do usuário na bacia. Assim, o valor a ser pago será:

$$T = K \times U \times V_{con} \quad (1)$$

sendo:  $T$  o valor a ser cobrado do usuário;  
 $K$  o preço por unidade de volume;  
 $U$  o multiplicador definido pelo gestor;  
 $V_{con}$  o volume consumido.

As unidades relativas às variáveis do modelo não são especificadas *a priori*, deixando essa definição para quando de sua aplicação. Ex: concentrações em (mg/l) ou (kg/m<sup>3</sup>); vazões em (m<sup>3</sup>/s) ou (l/s); valores monetários em (US\$) ou (R\$) etc. O valor “ $T$ ” é relativo ao uso e não ao usuário. Assim sendo, se um mesmo usuário for responsável por diversos tipos de uso, como captar água e lançar mais de um poluente ao mesmo tempo, o valor total da cobrança será igual a soma das tarifas relativas a cada uso.

Desenvolvendo cada um dos fatores componentes da fórmula de cobrança, e observando-se as considerações iniciais, deve-se notar que o volume consumido pode ser tanto relativo à vazão captada quanto à vazão equivalente de utilização para lançamento de efluentes. Desta maneira, tanto para o corpo d'água receber determinados poluentes quanto para o uso de sua água bruta, existe uma vazão que pode ser considerada como efetivamente consumida ( $Q_{con}$ ), que no modelo, ao ser considerada ao longo do tempo de referência da cobrança, é responsável por “ $V_{con}$ ”. Por exemplo, se durante um mês determinado usuário consumisse “0,01 m<sup>3</sup>/s”, o volume a ser cobrado seria de “25.920 m<sup>3</sup>”.

A determinação da vazão consumida para o caso de captação é direta. Já para diluição, transporte ou assimilação de poluentes, a definição dessa vazão pode ser feita determinando-se a quantidade de água necessária para receber a carga poluidora do efluente sem que a concentração de poluente no corpo receptor exceda os limites dados pela legislação - padrão de qualidade. Mesmo com essas diferenças, a adoção da cobrança proporcional à vazão consumida possibilita a igualdade na fórmula da tarifa tanto para captação quanto para lançamento de poluentes. Isto faz com que o modelo de cobrança proposto possa cobrar do usuário o mesmo valor quando este retira uma quantidade de água do corpo hídrico ou quando este polui essa mesma quantidade.

Visando a efetiva implementação da proposta de cobrança do presente trabalho, houve a preocupação com a simplificação da fórmula da tarifa. Especificamente, com relação ao multiplicador definido pelo órgão gestor ( $U$ ), optou-se pela possibilidade deste multiplicador trazer embutidos diversos fatores considerados adequados – ex.: a razão entre a concentração remanescente do poluente encontrada no efluente e a concentração máxima permitida pelo padrão de emissão – ao invés de ponderá-los diretamente na fórmula final.

Ao final deste tópico, são abordadas algumas hipóteses sobre o multiplicador “ $U$ ”, mediante as quais será observado que essa ponderação do sistema de tratamento pode ser facilmente contemplada. Além disso, também será observado que, a princípio, este multiplicador não precisa ser diferente para o caso de poluição e de captação. A ressalva quanto à possibilidade dessa igualdade vem em função de “ $U$ ” depender de valores da sociedade e objetivos refletidos pelos Comitês de Bacia, o que o torna o fator mais “subjetivo” do modelo de cobrança.

Ainda sobre a formulação do valor a ser pago, cabe destacar um ponto de caráter conceitual: o fato de a cobrança ser proporcional à vazão consumida e não à carga lançada. Para o modelo proposto, considera-se que o preço pago pelo lançamento de uma determinada quantidade de poluente não pode ser o mesmo de quando esta quantidade é lançada em corpos d'água cujas metas de

qualidade sejam diferentes. Logo, lançar uma carga de poluição em um corpo d'água deve ficar mais caro quanto maior for o nível de qualidade da água necessário para atender à comunidade. Assim, na fórmula proposta, não é possível ocorrer uma situação na qual uma igualdade matemática da ponderação de fatores possibilite que a carga de poluente lançada defina a diferença entre os valores a serem pagos pelos usuários independente da poluição relativa provocada por estes.

Finalmente, concluindo o detalhamento da fórmula de tarifa (1), a definição do preço por volume “ $K$ ” visou a contemplar situações nas quais o critério quanto à qualidade ambiental fosse função tanto do excesso de poluição quanto do excesso de captação - contemplando casos em que a sustentabilidade do meio estaria sendo comprometida à medida que a quantidade de água não fosse mais suficiente para dar suporte ao ecossistema. Mais especificamente, a cobrança sobre o uso que capta água pode ser proporcional às cargas de poluentes lançadas a montante do local de retirada de água ou considerar a possibilidade de as retiradas de montante já terem levado o corpo d'água a uma vazão mínima.

Como consequência dessa abordagem, ampliou-se ao máximo a maneira de obtenção do preço por volume “ $K$ ” (considerado um preço unitário), o qual constitui a espinha dorsal de qualquer modelo de cobrança e, no modelo aqui proposto, possui algumas diferenças relativas aos usos dos recursos hídricos para lançamento de poluentes e para a captação de água. Assim sendo, a partir deste ponto, o desenvolvimento do modelo terá dois momentos distintos: inicialmente, será apresentada a determinação do preço unitário “ $K$ ” relativo ao lançamento de poluentes para, em seguida, ser abordado o caso de captação.

### Cobrança sobre lançamento de poluentes

A carga de poluente de um efluente é:

$$C_e = Q_e \times c_e \quad (2)$$

sendo:  $C_e$  a carga de poluente;  
 $Q_e$  a vazão do efluente;  
 $c_e$  a concentração de poluente.

A vazão equivalente utilizada para o lançamento de poluentes, que para o modelo é simplesmente vazão consumida, é:

$$Q_{con} = C_e / c_{pq} \quad (3)$$

sendo:  $c_{pq}$  o padrão de qualidade.

O próximo passo é definir a carga de poluente a partir da qual não existem condições de assimilação pelo corpo receptor sem comprometer a qualidade desejada, ou seja, a carga que leva o meio ao estado de saturação. Essa definição é feita baseada na concentração máxima de determinado poluente permitida no corpo d'água (padrão de qualidade) e na vazão de referência do mesmo corpo d'água destinada à diluição e à depuração. Com base nesses fatores, é definida a carga de saturação do corpo d'água referente ao poluente:

$$C_s = Q_r \times c_{pq} \quad (4)$$

sendo:  $C_s$  a carga de saturação;  
 $Q_r$  a vazão de referência.

A vazão de referência pode ser determinada utilizando-se modelo de simulação matemática de disponibilidade hídrica e deve ser definida mediante critérios discutidos pelo Comitê de Bacia, sabendo-se que quanto maior a garantia da existência de água menor o valor da vazão de referência e, por consequência, mais fácil será alcançada a saturação do corpo d'água. Têm-se como exemplos dessas vazões de referência valores como  $Q_{95}$  e  $Q_{méd}$ , além da possibilidade de utilização de outros valores cujas determinações são bastante facilitadas pela simulação matemática. A vazão de referência é considerada a mínima vazão destinada ao lançamento de poluentes e poderia ser adotada como sendo “ $Q_{7,10}$ ”, entretanto, esse valor foi considerado extremamente conservador. Considera-se mais adequada a adoção de vazões de referência como citado anteriormente, o que, além de permitir contemplar os objetivos dos Planos de Recursos Hídricos, possibilita contemplar a disponibilidade sazonal de água já na origem da formação do preço deste recurso, tornando-o mais justo e eficiente.

Também apontado anteriormente, quando efetuado o lançamento do efluente para diluição, transporte e assimilação de determinados poluentes, existe uma vazão equivalente de utilização de água, que, assim como para a captação, também pode ser considerada como consumida ( $Q_{con}$ ). Tomando-se o parâmetro que esteja sendo analisado (que pode ou não ser aquele que implica a maior vazão equivalente consumida), pode-se fazer o cálculo da parcela da carga de saturação que ainda pode ser assimilada pelo corpo receptor após o lançamento. Essa parcela, denominada carga disponível, é:

$$C = (Q_r - Q_{con}) \times c_{pq} \quad (5)$$

sendo:  $C$  a carga disponível após o uso.

Para que sejam considerados os valores do padrão de qualidade da água no trecho analisado, relativo a determinado poluente, e todos os efluentes lançados a montante

com concentrações desse mesmo poluente - com estes devendo obedecer ao padrão de emissão - é definido um índice de qualidade associado à carga disponível no corpo d'água:

$$I = \frac{C - \sum C_e}{C_s} \quad (6)$$

sendo:  $I$  o índice de qualidade;  
 $\sum C_e$  o somatório das cargas de montante.

No cálculo do índice de qualidade ( $I$ ), a carga disponível ( $C$ ) é ponderada a fim de garantir o princípio da tarifa cobrada ao usuário já refletir o impacto causado por sua atividade, ou seja, já se pondera a diminuição da vazão de diluição no valor cobrado.

Analizando-se ainda o índice de qualidade, quando o poluente não for conservativo, o somatório “ $\sum C_e$ ” deve refletir a diminuição das cargas ao longo do trecho compreendido entre seus locais de origem e o ponto do lançamento avaliado para a cobrança. Para esses casos, e tendo como exemplo mais comum de poluente não conservativo a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), existe a possibilidade do cálculo da diminuição da carga poluidora baseado na fórmula de *Streeter-Phelps*.

O índice de qualidade, ao exprimir o comprometimento ambiental do corpo d'água, observa os seguintes aspectos:

- disponibilidade hídrica: dada pela vazão de referência obtida através do modelo matemático;
- confiabilidade quanto à real disponibilidade do recurso: também associada à vazão obtida através do modelo de simulação matemática, que é função de prioridades definidas pelo comitê da bacia;
- classe em que está enquadrado o corpo de água receptor: expresso no índice por “ $C_s$ ” (na qual está implícito “ $c_{pq}$ ”);
- carga de lançamento: expressa por “ $C_e$ ” e relacionada diretamente com “ $Q_{con}$ ”;
- sazonalidade: expressa pelas vazões de referência e considerada em períodos tão variáveis quanto o comitê definir (ou também, quando utilizados, em função de limitações de modelos matemáticos);
- vazões que passam a ser indisponíveis em função do lançamento: expressas por “ $C$ ” (na qual está implícita “ $Q_{con}$ ”) e também consideradas ao utilizar-se “ $\sum C_e$ ”.

O próximo passo é relacionar esse grau de comprometimento do corpo d'água ao preço da água. Inicialmente, determina-se que quanto menor “ $I$ ” – o que indica maior comprometimento – maior o preço do recurso hídrico. Essa lógica incentiva a redução efetiva da contami-

nação hídrica visto que, mesmo um usuário diminuindo sua carga lançada, o aumento do índice só estará assegurado se o conjunto das cargas lançadas diminuírem. Além disso, para o índice de qualidade igual a “um” ( $I = 1$ ) existe a ausência de lançamento, ou seja, o valor a ser cobrado será zero. De outro lado, quando o índice aproxima-se do valor zero, o que indica a saturação do corpo d’água para o uso pretendido, deve-se ter um aumento mais expressivo do preço. Assim, o usuário terá seus custos aumentados rapidamente quanto mais próximo da saturação estiver o corpo d’água.

A lógica exposta é a base para a construção da curva para cobrança (apresentada na figura 2) e é seguida pelo modelo proposto conforme definida na metodologia base. A partir deste ponto, a construção da curva proposta segue lógica diferente da apresentada em Souza (1995), a qual associa a qualidade da água ao custo médio de sistemas de tratamento de efluentes. O autor acredita que, através dessa associação, o valor monetário fornecido pela curva induzirá o poluidor-pagador a utilizar água de maneira a obedecer ao padrão desejado.

Visando à eficácia na consecução desse objetivo, no presente trabalho, propõe-se substituir o custo de tratamento por uma curva associada à capacidade de o usuário pagar pelo recurso hídrico. Se o objetivo é evitar que o agente econômico pague e continue poluindo além do limite desejado, nada mais efetivo do que associar essa poluição ao quanto ele não consegue pagar. Além disso, como garantir que uma valoração baseada no custo de tecnologias de correção da poluição consiga prevenir eficientemente a produção dessa poluição? Uma valoração ambiental que vise à sustentabilidade do meio não deve fundamentar-se na crença de que a escala econômica evitaria a saturação que se dá na escala ambiental.

Portanto, chegando-se a essa saturação ( $I = 0$ ), o usuário deverá estar sendo cobrado no limite da sua capacidade de pagamento, que pode ser avaliada para o segmento da atividade a qual pertence, para alguma subdivisão desse segmento ou para uma atividade específica. Segundo Righetto (2001), existem várias formas para se obter a capacidade de pagamento de um agente econômico frente ao aumento de custo de sua atividade. Para o modelo, o importante é a possibilidade desta capacidade fornecer a referência financeira que favorece ou até inviabiliza o uso do recurso hídrico em função de seu preço.

A partir do valor zero já existe o comprometimento da qualidade da água ( $I < 0$ ) e deve haver grande apelo financeiro para a diminuição efetiva da poluição. Na formulação, esse apelo financeiro é traduzido numericamente dobrando-se o valor a ser pago quando superados aproximadamente 30% da saturação, que, a princípio, acredita-se ser uma boa medida da capacidade de recuperação do meio. Matematicamente, é possível definir outro nível de comprometimento dos recursos hídricos que

mantenha o caráter exponencial da curva, esse sim fundamental à consecução dos objetivos do modelo de cobrança proposto.

Assim, define-se um preço por unidade de volume ( $K$ ), que pode ser cobrado a cada período de tempo definido pelo comitê (ex.: mensal), cuja curva associada ao índice de qualidade tem o comportamento ilustrado pela figura (2) e é obtida através da equação (7):

$$K = CAP \times (1 - I)^{2.65} \quad (7)$$

sendo: CAP o valor da capacidade de pagamento.

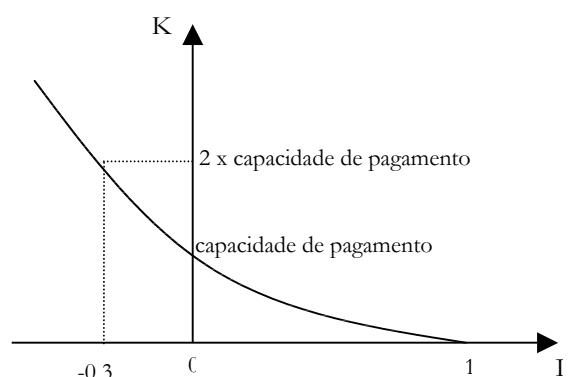


Figura 2 - Curva para cobrança

Para existir uma coerência dimensional no modelo, a capacidade de pagamento precisa ser uma grandeza monetária por unidade de volume e deve ser definida para o período cobrado (mensal, anual etc.). Como muitas vezes a capacidade monetária de pagamento de um agente econômico é determinada tendo como base um período de tempo diferente do período cobrado, para o ajuste matemático, basta considerar o volume de água consumido pela atividade nesse período de referência. Da mesma maneira, se para o caso de irrigação a capacidade for dada em função da área plantada, determina-se o consumo de água por unidade de área relativo ao período cobrado e procede-se à adequação de “CAP”.

Isso tudo é colocado a fim de se balizar o valor cobrado pela capacidade de pagamento das diferentes categorias de atividades, fazendo com que o uso seja sustentável ambientalmente ou o usuário tenha dificuldades quanto aos seus custos de produção. Na prática, o que se pretende é utilizar a capacidade de pagamento como sendo a “capacidade de não-pagamento” pelo uso que levaria o recurso hídrico a níveis de escassez superiores ao limite ambiental desejado pela sociedade. Obviamente, as definições das categorias de uso e suas respectivas capacidades de pagamento devem ser adequadas ao objetivo pretendido.

do, podendo, quando necessário, serem revistos pelo comitê de bacia.

Além disso, pode-se fazer uma análise em termos de eficiência ambiental e econômica mediante a associação entre capacidade de pagamento máxima e qualidade ambiental desejada mínima. No contexto do modelo de cobrança proposto, quando atingido esse ponto limite, o preço da água induzirá à diminuição da demanda e existirá a melhoria gradativa da qualidade ambiental. Com o aumento da oferta de recurso haverá a consequente diminuição da tarifa, o que levará ao aumento do uso da água até o limite ambiental associado à capacidade de pagamento máxima. A situação se repetirá até ser atingido o equilíbrio, quando, então, os recursos estarão sendo usados no limite desejado pela sociedade e estarão contribuindo com a produção de bens, geração de renda e justiça social. O caráter social é dado em função do máximo arrecadado pela gestão pública ao mesmo tempo em que são preservados os agentes privados cujas atividades estejam de acordo com os valores ambientais da sociedade.

Outro caráter de justiça social e econômica pode ser dado se for assumida a capacidade de pagamento como o máximo que o usuário está disposto a pagar - ou “disposição a pagar” - a fim de ser mantido um mínimo de qualidade. Nesse caso, se a sociedade, incluso o usuário, tem como valor a qualidade ambiental, é razoável imaginar que existe a disposição de pagamento por um mínimo de qualidade e, no limite, essa disposição será concretizada de acordo com o máximo da capacidade de pagamento.

Concluindo, a essência da construção da curva para a cobrança é associar a qualidade da água à capacidade do usuário não pagar pelo uso excessivo dos recursos hídricos. Para tanto, a determinação do preço por quantidade de água considera diversos aspectos necessários à valoração, sendo que vários deles já foram listados quando analisado o índice de qualidade - em função da relação “preço x índice de qualidade”. Outros aspectos ficaram explícitos no desenvolvimento da construção da curva para cobrança, mas, sendo esses fatores fundamentais ao modelo proposto, cabe aqui listá-los juntamente a novas considerações:

- natureza da atividade: contemplada ao se utilizar diferentes capacidades de pagamento para os diferentes segmentos de usuários;
- redução da poluição hídrica: nada mais efetivo para a redução da poluição do que a atividade geradora dessa poluição poder ser inviabilizada por esta, fato levado a cabo na associação entre a capacidade de pagamento e o ponto de contaminação da água;
- associação entre sustentabilidade ambiental e viabilização financeira: a possibilidade oferecida pelo modelo de simulação de uma vazão de referência com garantias estatísticas de

com garantias estatísticas de ocorrência, além do viés da sustentabilidade ambiental dado ao índice de qualidade, possibilita ao sistema de cobrança uma maior arrecadação para melhoria da infra-estrutura responsável por essas vazões (quanto maior a garantia da existência de água → menor o valor do índice → maior o preço por unidade de água consumida).

### Cobrança sobre captação de água

Resta definir o valor a ser cobrado de cada usuário para o caso da captação de água superficial. Para tanto, basta lembrar que a definição de “ $Q_{con}$ ” para usos de recursos hídricos com captação não é mais uma vazão equivalente. Nesses casos, ela será a vazão efetivamente retirada, ou seja, toda vazão de captação ou a diferença entre a vazão captada e a devolvida ao corpo d’água, quando essa devolução existir. Sem considerar essa “diferença”, o desenvolvimento é exatamente o mesmo daquele já apresentado se o crítico para o ambiente for o aumento da concentração de poluentes em função de retirada de água.

De outra maneira, quando se diminui a vazão do corpo d’água, pode ser atingido um estado no qual a quantidade de água remanescente seja tal que represente uma condição mais crítica do que a concentração advinda do possível aumento da poluição. Para esses casos de vazão crítica, o modelo proposto possibilita que o uso com captação de água seja cobrado com base na simples diminuição da vazão - tendo como referência fórmula de índice de qualidade a ser apresentada no próximo tópico (qualidade x vazão mínima) - ao invés de baseado no aumento de poluição, cuja fórmula do índice de qualidade foi apresentada pela expressão (6). Assim sendo, será considerada a captação em corpos d’água com qualidade comprometida pela presença de carga poluidora e em cenário cujo problema é manter a vazão acima de um valor mínimo, que é o caso de cenários livres de poluentes onde só ocorrem captações.

### Qualidade determinada pela vazão mínima

A formulação apresentada para esta abordagem se inspira em toda formulação feita para lançamento de poluentes. Assim, quando a vazão do corpo d’água é preponderante no aumento da escassez dos recursos hídricos, ou quando não existem lançamentos de poluentes no corpo d’água considerado na análise da cobrança, a fórmula final continua a mesma dada pela expressão (1). Entretanto, a sustentabilidade do sistema passa a ter como referência a vazão efetivamente disponível, ou seja, cuja captação ainda reserve ao ambiente quantidade de água necessária aos organismos aquáticos.

Já dado pela legislação, “ $Q_{7,10}$ ” é esse parâmetro ambiental correspondente ao padrão de qualidade no cálculo da carga de saturação (expressão 4). Assim, subtraindo-se o valor de “ $Q_{7,10}$ ” daquele da vazão de referência dado pelo modelo de simulação matemática tem-se uma “vazão ambiental” que, por coerência do modelo, será denominada vazão de saturação:

$$Q_s = Q_r - Q_{7,10} \quad (8)$$

sendo:  $Q_s$  a vazão de saturação.

Também por uma questão de coerência, define-se uma vazão disponível obtida segundo a expressão (9) - equivalente à carga dada pela expressão (5). Neste ponto, cabe ressaltar a utilidade do modelo de simulação de disponibilidade hídrica com dados de entrada e saída sendo vazões, já que estas variam espacialmente.

$$Q = Q_s - Q_{con} \quad (9)$$

sendo:  $Q$  a vazão disponível.

O índice de qualidade, que agora passa a ser um índice que reflete a qualidade relacionada apenas a uma vazão mínima, é dado pela expressão (10) e, apesar de a “saturação do meio” ocorrer apenas em períodos de seca ou mediante retirada excessiva de água, valem as mesmas considerações feitas para a escassez de água em função de perda de qualidade relacionada a uma carga de poluente excessiva.

$$I = \frac{Q - \sum Q_{con}}{Q_s} \quad (10)$$

sendo:  $\sum Q_{con}$  as captações de montante.

Para que haja coerência matemática, é importante que “ $Q_s$ ” seja maior que zero. Portanto, a vazão de referência deverá ser sempre maior que “ $Q_{7,10}$ ”, o que também mantém relação de coerência entre o índice de qualidade e a realidade que ele pretende exprimir. Se a saturação de referência se apresenta de tal modo que não se observa nem mesmo uma vazão ambiental mínima, medidas de controle mais extremas são necessárias e mesmo a cobrança pode obedecer a um regime especial.

### Qualidade determinada pela poluição

Para o desenvolvimento do modelo considerando a saturação com aumento de poluição em função de captação de água, deve ser levado em conta o poluente cuja concentração seja a mais crítica, medida fundamental na busca da sustentabilidade do recurso hídrico e que já é

prevista pela metodologia base. Assim, no cálculo do índice de qualidade, é feito o somatório de todas as cargas relativas a esse parâmetro crítico, o qual também deve ser a referência do padrão de qualidade. Isso faz com que o índice de qualidade exprima o comprometimento da qualidade da água relativo ao poluente que mais está afetando a capacidade de depuração e diluição do corpo d’água.

Visto que no modelo proposto a cobrança é sempre proporcional à vazão consumida, quando a situação crítica for dada pela existência de poluição e não pela proximidade de um valor mínimo de vazão, o usuário que subtrai determinada quantidade de água paga o mesmo valor daquele poluidor que utiliza a mesma quantidade equivalente de água para lançar um efluente contendo o parâmetro que apresenta a situação mais crítica quanto à saturação. Em termos de sustentabilidade ambiental, nada mais justo.

### Análise comparativa: vazão mínima x poluição

A cobrança sobre a captação de água em cenários com carga poluidora pode ser função tanto da diminuição da vazão a patamares muito baixos quanto da falta de água para a diluição e depuração de poluentes. Nesses cenários, os recursos hídricos podem ser utilizados tanto para o lançamento de poluentes quanto para a captação de água e a situação crítica para o ambiente poderá ser dada tanto pela concentração excessiva de determinado poluente quanto pela vazão de água disponível. Logo, comparando-se o índice de qualidade para as duas situações poderá ser definida qual formulação é a mais adequada para a cobrança sobre a captação, se aquela referente à poluição ou à vazão mínima.

Para saber quando o valor de “ $I$ ” será menor, o que denota maior comprometimento das condições ambientais, pode-se usar exatamente as mesmas fórmulas que levam às expressões (6) e (10), bastando lembrar que, para o uso do índice referente à poluição, além de “ $Q_{con}$ ” não ser mais uma vazão equivalente, o cálculo das cargas disponível e de saturação devem ser efetuados para o poluente cuja concentração seja a mais crítica. Ao fim da análise, deverá prevalecer o maior preço por vazão captada, correspondente ao fator mais danoso ao meio ambiente.

Depois de analisadas as situações para a cobrança sobre o uso da água superficial, observa-se que o modelo tem como resposta sempre a mesma fórmula simples que, além da fácil compreensão do que está sendo cobrado, deixa claro os princípios de sua concepção, ou seja, cobrar mais quanto maior a escassez de água e fazer com que o valor cobrado leve o usuário a considerar a sustentabilidade ambiental. A figura (3) permite a visualização de toda estrutura da proposta de cobrança sobre o uso de recursos hídricos.

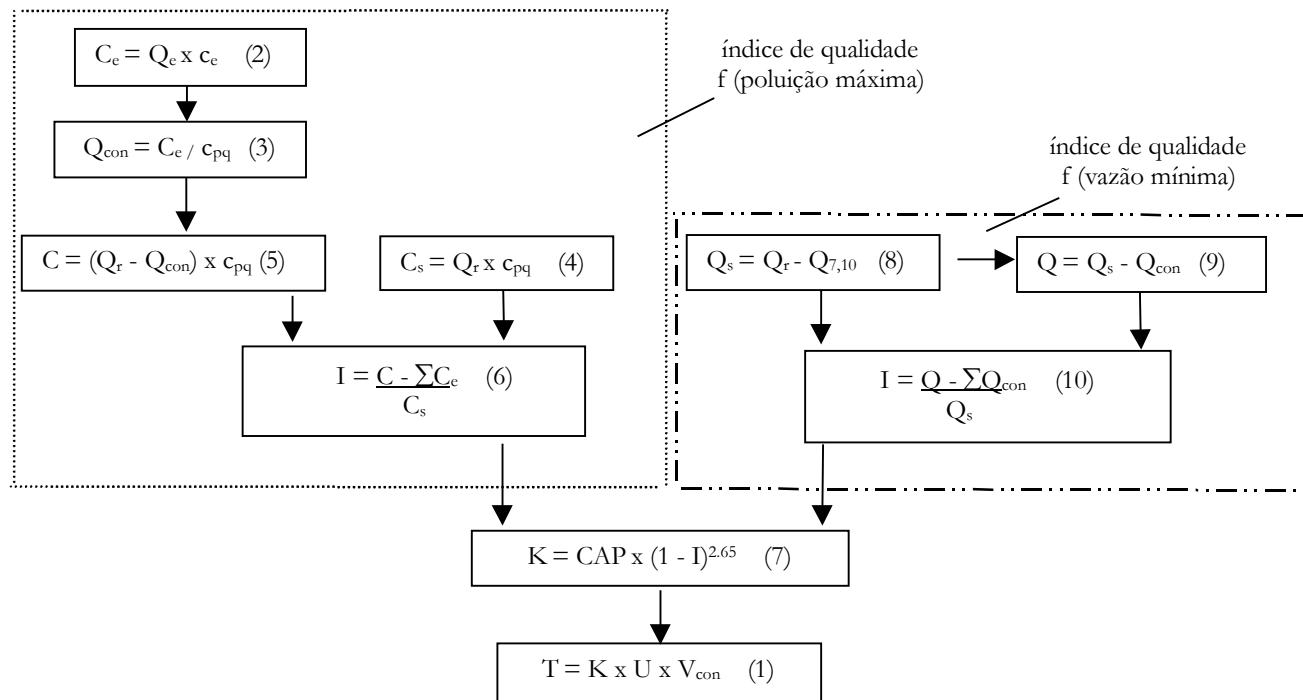


Figura 3 - Formulação do modelo de cobrança proposto

Algo mais complexo quanto a questões econômicas e sociais deverão ser amplamente discutidas pelos comitês quando definidos os valores cobrados, em especial o valor do multiplicador “U”. Nesse caso, diversas possibilidades podem ser contempladas numericamente, por exemplo: determinado segmento de usuários pode ser dividido em classes, considerando fatores econômico-financeiros ou sociais, e determinada classe pode ter o valor cobrado aumentado na mesma proporção que outra terá este diminuído, mantendo-se o total arrecadado. Da mesma maneira, essa lógica pode ser aplicada entre segmentos de usuários.

Também pode ser definida a indução de ocupação de determinada localidade por um segmento específico de usuários, os quais teriam desconto nos valores cobrados ao utilizarem o recurso hídrico desse local escolhido. O contrário também poderia ser feito, cobrando mais de usuários localizados junto a corpos d’água cuja utilização pretendida pela sociedade seja outra. Outra possibilidade é diminuir o valor cobrado à medida que o usuário melhore a eficiência do sistema de tratamento do efluente. Esse caso foi contemplado por Souza (1995), que inclui na fórmula da tarifa um multiplicador igual ao quociente da divisão entre a concentração de poluente no efluente e a concentração máxima definida pela resolução CONA-

MA 20/86. Nada impede que esse quociente esteja embutido em “U”.

Independentemente de argumentos desta natureza, como resultado final do modelo, tem-se simplesmente a multiplicação de um valor unitário de água pelo volume consumido, cujo resultado pode ser aumentado ou diminuído pelos Comitês de Bacia em função dos objetivos contidos nos Planos de Recursos Hídricos.

## APLICAÇÃO DO MODELO

Para que seja observada a possibilidade de aplicação do modelo de cobrança proposto frente à realidade de informações existentes, alguns exemplos de valores cobrados são apresentados utilizando-se dados da bacia hidrográfica do rio Atibaia, constituinte da bacia do rio Piracicaba, localizada no Estado de São Paulo.

Trata-se de região de grande desenvolvimento econômico com grandes atividades consumidoras de recursos hídricos. Devido sua industrialização intensa associada à presença de grandes centros urbanos e a uma agricultura moderna, a demanda pela água está gerando a degradação de sua qualidade e o consequente conflito por seu uso. Esse cenário regional estimula a realização de vários estudos tanto por parte do governo quanto por parte de insti-

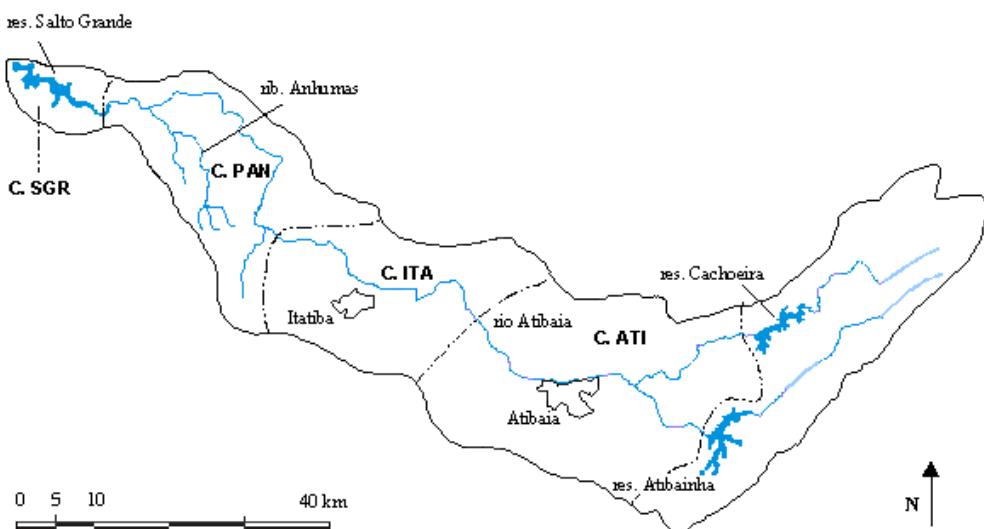


Figura 4 - Compartimentos ambientais sub-bacia do Atibaia

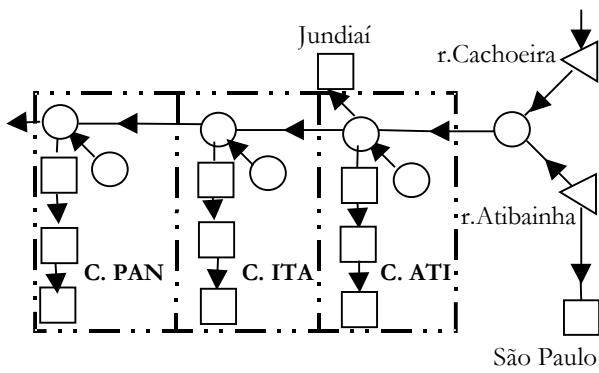
tuições de pesquisa. A simulação de cobrança aqui apresentada será baseada em alguns dos estudos já existentes e, mesmo sendo adotadas simplificações e adaptações às informações, seus resultados possibilitarão verificar a aplicabilidade e a coerência do modelo proposto.

O relatório da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA, 1994), visando ao reenquadramento dos corpos d'água da bacia do rio Piracicaba, apresenta estudos de metas ambientais para os quais foram geradas previsões de demandas de água e cargas poluidoras de DBO para o ano de 2010. Para a sub-bacia do rio Atibaia, foram feitos levantamentos dos dados baseados no uso do solo e da água, resultando numa divisão em quatro trechos denominados compartimentos ambientais, listados a seguir e apresentados na figura (4): Compartimento Ambiental Atibaia (C. ATI); Compartimento Ambiental Itatiba (C. ITA); Compartimento Ambiental Pinheiros/Anhumas (C. PAN); Compartimento Ambiental Salto Grande (C. SGR).

Utilizando-se desse relatório da SMA, Righetto (2001) avaliou a capacidade de pagamento de indústrias e de irrigantes da bacia do rio Atibaia no contexto da cobrança pelo uso e degradação dos recursos hídricos. Para a irrigação, o autor analisou a capacidade de pagamento anual de produtores de cana, milho, feijão e frutas, chegando a valores especificados em "US\$/ha".

Com relação ao setor industrial, foram analisadas algumas das principais empresas usuárias de água, representativas de diversos setores, para as quais chegou-se a montantes indicativos da capacidade de pagamento em algumas delas. Além disso, mediante a análise financeira executada, quando necessário poderá ser estimado um valor inicial para a capacidade de pagamento igual a 1% do faturamento bruto ou 5% do faturamento líquido, divididos pela quantidade de água necessária à produção - percentagens sugeridas pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, citando Araújo (1998), visando à implementação da cobrança pelo uso da água.

Também com base no mesmo relatório da SMA, Azambuja (2000) realizou simulações da disponibilidade hídrica da bacia do rio Piracicaba, nas quais foram consideradas as demandas para abastecimento urbano, indústrias e irrigação, correspondentes a cada um dos compartimentos ambientais. Para as simulações, utilizaram-se séries de vazões histórica e sintética como dados de entrada de um modelo de rede de fluxo denominado MODSIM, cujo esquema relativo à porção da bacia do rio Atibaia é mostrado na figura (5). Neste modelo de simulação, que também é utilizado pela companhia de saneamento básico de São Paulo (Sabesp), os "nós" da rede representam represas, demandas e reversões e são interligados por "links" representando rios e canais.



□ demanda    ▲ reservatório    ○ nó

Figura 5 - Esquema da rede de fluxo sub-bacia do Atibaia

Assim, baseado nesses três trabalhos, pôde-se compilar os dados necessários para a aplicação das expressões (1) a (10) do modelo de cobrança e, simulando-se cenários em diferentes trechos dos corpos d'água (representados pelos compartimentos ambientais), determinar o preço da água para alguns usuários da bacia do rio Atibaia. Em todos os cenários simulados, a vazão de referência mensal ( $Q_r$ ) adotada é calculada pelo modelo de simulação para uma ocorrência de 90% do tempo. As cargas poluidoras e as demandas de água foram projetadas para o ano de 2010, assim como as capacidades de pagamento foram imaginadas para esse mesmo ano, apesar de originalmente calculadas com base em dados financeiros de anos anteriores. Essa extração da capacidade de pagamento é possível já que, além dos valores serem em *dólar*, sua possível variação ao longo do tempo apenas sugere que os preços cobrados devem ser revistos periodicamente - o que ocorre em função dos Planos de Recursos Hídricos das bacias.

### 1º Cenário

A primeira simulação será feita para uma captação relativa à irrigação de milho no compartimento C. ATI. O cenário escolhido representa um trecho com pequena escassez relativa de água, o que possibilitará observar o comportamento do modelo em situações sem problemas de quantidade de água e sem poluição, pois, a fim de explorar as possibilidades de utilização do modelo, adota-se não existirem lançamentos anteriores e o valor a ser cobrado será definido com o uso das expressões (8), (9) e (10). Os valores necessários para a simulação, apresentados na tabela (1), têm como fonte as três referências já citadas e são explicados conforme o desenvolvimento das expressões do modelo.

Neste cenário está sendo assumido o período anual, então, foi obtido apenas um valor para “ $Q_r$ ” (se o período considerado fosse mensal, caso dos próximos cenários, a análise resultaria em doze vazões de referência).

A vazão obtida corresponde ao valor noventa da curva de permanência ( $Q_{90}$ ) do trecho de captação da rede de fluxo do modelo de simulação matemática. Para o mesmo período, no cálculo da vazão disponível - expressão 9 - o valor de “ $Q_{con}$ ” foi obtido analisando-se os consumos de água referentes a cada tipo de cultura irrigada na bacia do rio Atibaia e suas respectivas percentagens aplicadas à vazão de captação do setor no compartimento ambiental C. ATI.

Tabela 1 - Dados com base em SMA (1994), Azambuja (2000) e Righetto (2001)

vazão de referência	$Q_r = 18,04 \text{ m}^3/\text{s}$
vazão “ambiental”	$Q_{7,10} = 6,55 \text{ m}^3/\text{s}$
vazão captada	$Q_{con} = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$
vazões a montante	$\sum Q_{con} = 0,61 \text{ m}^3/\text{s}$
capacidade de pagamento	CAP = 2,45 US\$/1000m <sup>3</sup>

A obtenção do valor da tarifa se inicia com os cálculos das vazões de saturação e disponível, conforme expressões (8) e (9):

$$Q_s = 18,04 - 6,55 = 11,49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 11,49 - 0,10 = 11,39 \text{ m}^3/\text{s}$$

sendo:  $18,04 \text{ m}^3/\text{s}$  a vazão  $Q_r$ ;  
 $6,55 \text{ m}^3/\text{s}$  a vazão  $Q_{7,10}$ ;  
 $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$  a vazão  $Q_{con}$ .

A fim de ilustrar a situação mais crítica, foi suposto que a captação para irrigação de milho situa-se a jusante das outras captações com uso consuntivo de água. Portanto, o total consumido a montante da captação analisada é igual ao total no compartimento ambiental (aproximadamente  $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ ) menos a vazão consumida  $\rightarrow \sum Q_{con} = 0,71 \text{ m}^3/\text{s} - 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Substituindo-se os valores até aqui apresentados na expressão (10), pode-se executar o cálculo do índice de qualidade:

$$I = \frac{11,39 - 0,61}{11,49} = 0,94$$

sendo:  $11,39 \text{ m}^3/\text{s}$  a vazão  $Q$ ;  
 $11,49 \text{ m}^3/\text{s}$  a vazão  $Q_s$ ;  
 $0,61 \text{ m}^3/\text{s}$  o somatório  $\sum Q_{con}$ .

A capacidade de pagamento do setor avaliada para um período anual é  $2,45 \text{ US\$}/1000\text{m}^3$ , capacidade assumida considerando a situação de renda líquida mais crítica do trabalho de Righetto (2001) e já ajustada à unidade requerida para o modelo de cobrança. Na definição desse valor, considerou-se o consumo anual de água para a

produção de milho igual a 6.000 m<sup>3</sup>/ha e a capacidade de pagamento do produtor de 14,69 US\$/ha, avaliada para 90% de comprometimento de sua renda anual com a subsistência da família. Sobre o valor da capacidade de pagamento, mesmo que possa ser inexato, pode-se garantir coerência quanto à ordem de grandeza, fato suficiente ao objetivo das simulações de observar a aplicabilidade do modelo proposto.

Para a definição do valor da água referente à sua escassez e à disponibilidade a pagar do usuário, basta substituir os valores de "I" e "CAP" na expressão (7).

$$K = 2,45 \times (1 - 0,94)^{2,65}$$

$$K = 0,0014 \text{ US\$/1000m}^3$$

sendo: 2,45 US\\$/1000m<sup>3</sup> a capacidade CAP;  
0,94 o índice I.

O valor pago pelo irrigante anualmente é conseguido utilizando-se a expressão (1), na qual o volume consumido anualmente é igual a "Q<sub>con</sub>" multiplicada pela quantidade de segundos existente em um ano (0,10 x 31.104.000) e o multiplicador "U", a ser determinado pelos comitês de bacia, pode ser assumido igual à unidade sem prejuízo do resultado:

$$T = 0,0014 \times 1 \times 3.110.400$$

$$T = \text{US\$ 4354,56}$$

sendo: 0,0014 US\\$/1000m<sup>3</sup> o preço K;  
1 o multiplicador U;  
3.110.400 m<sup>3</sup> o volume V<sub>con</sub>.

Comparando o valor do preço unitário à "CAP", observa-se que esse preço por volume de água é pequeno em relação à capacidade de pagamento do usuário, ou seja, "0,0014 US\\$/1000m<sup>3</sup> <<< 2,45 US\\$/1000m<sup>3</sup>". O resultado já era esperado neste primeiro cenário e segue o princípio do modelo, visto que há pouca escassez de recursos hídricos expressa pelo índice de qualidade muito próximo ao valor "um" (para I = 1 não haveria cobrança).

## 2º Cenário

Ainda tendo como fonte de dados as três referências já citadas, para a segunda simulação serão utilizados dados de uma indústria têxtil que retira água e lança efluente com carga de DBO no compartimento CITA e, pelo motivo exposto no primeiro cenário de explorar as possibilidades de aplicação do modelo, deve situar-se a jusante das outras atividades do compartimento que captam água e numa posição intermediária entre aquelas que poluem. Por existirem lançamentos a montante, faz-se necessária a análise sobre qual fator leva ao quadro de escassez mais crítico quando retirada água do corpo d'água: se a diminui-

ção da vazão - medida pela expressão (10) - ou se o aumento da carga poluidora - medida pela expressão (6).

Iniciando esta análise, define-se que a montante da indústria simulada foram lançados 30% da carga poluidora total do compartimento ambiental que, segundo SMA (1994), no ano de 2010 será de "88.657,41 mg DBO/s". É importante lembrar que as cargas de poluentes consideradas para o cálculo devem ser as cargas remanescentes após o tratamento e a depuração no corpo d'água. Em específico, é utilizada a carga poluidora residual apresentada em SMA (1994) como tendo essas características. A própria "SMA", no mesmo trabalho citado, aponta para a necessidade dessas considerações quando analisados poluentes não conservativos e utiliza um modelo baseado na fórmula de Streeter-Phelps para reenquadramento dos corpos d'água.

A análise comparativa para os índices de qualidade é feita tendo valores mensais como referência, com destaque à vazão de referência "Q<sub>90</sub>", e está apresentada na tabela (2):

De acordo com a análise realizada, nos primeiros e nos últimos meses do ano quando as vazões são maiores, a escassez do recurso hídrico se mostra mais crítica em função de falta de água para a diluição de poluentes, o que implica na utilização da expressão (6) para o cálculo do preço da água captada de maneira consuntiva. Especificamente, em junho apresenta-se a mesma condição de boa vazão. Nos outros meses, exceção feita ao mês de julho, a escassez do recurso hídrico se mostra mais crítica em relação à vazão disponível do corpo d'água, o que implica na utilização da expressão (10). Curiosamente, no mês de julho, a qualidade da água se mostra comprometida na mesma medida seja pela pouca quantidade de água, seja pelo excesso de poluição.

Para o cálculo do valor a ser cobrado quando do lançamento de poluentes, basta aplicar as expressões (4), (5) e (6) utilizando uma vazão consumida equivalente segundo a expressão (3). Visto que é dada do problema a carga lançada - C<sub>e</sub> = 2002 mg DBO/s - e não a vazão e a concentração do efluente, não é necessário o uso da expressão (2). Sendo assim, tem-se:

$$Q_{con} = 2002 / (5,00 \times 10^3) = 0,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

sendo: 2002 mg DBO/s a carga C<sub>e</sub>;  
5,00 mg/l o padrão c<sub>pq</sub>.

A tabela (3) apresenta os valores cobrados para a captação consuntiva e para os lançamentos relativos ao cenário simulado, já com os valores do índice de qualidade calculados para a vazão utilizada na diluição de DBO (Q<sub>con</sub> = 0,40 m<sup>3</sup>/s). Na mesma tabela, o total a ser pago pelo usuário industrial é igual a soma da tarifa relativa à captação de água mais àquela relativa à poluição.

Tabela 2 - Análise comparativa do índice de qualidade para captação de água no C.ITA

	$Q_r$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_s$ (m <sup>3</sup> /s) <sup>1</sup>	$Q$ (m <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup>	$I_{exp. 10}$ <sup>3</sup>	$C_s$ (mg/s) <sup>4</sup>	$C$ (mg/s) <sup>5</sup>	$I_{exp. 6}$ <sup>6</sup>
jan	30,12	21,73	21,72	0,90	150.600,00	150.550,00	0,82
fev	37,41	29,02	29,01	0,92	187.050,00	187.000,00	0,86
mar	40,66	32,27	32,26	0,93	203.300,00	203.250,00	0,87
abr	29,07	20,68	20,67	0,89	145.350,00	145.300,00	0,82
mai	13,47	5,08	5,07	0,57	67.350,00	67.300,00	0,60
jun	17,25	8,86	8,85	0,75	86.250,00	86.200,00	0,69
jul	14,21	5,82	5,81	0,62	71.050,00	71.000,00	0,62
ago	13,08	4,69	4,68	0,53	65.400,00	65.350,00	0,59
set	12,78	4,39	4,38	0,50	63.900,00	63.850,00	0,58
out	12,64	4,25	4,24	0,48	63.200,00	63.150,00	0,58
nov	15,93	7,54	7,53	0,71	79.650,00	79.600,00	0,67
dez	18,78	10,39	10,38	0,79	93.900,00	93.850,00	0,72

<sup>1</sup> expressão 8:  $Q_{7,10} = 8,39$  m<sup>3</sup>/s.<sup>4</sup> expressão 4:  $c_{pq} = 5,00$  mg/l (DBO<sub>máx</sub> / classe 2).<sup>2</sup> expressão 9:  $Q_{con} = 0,01$  m<sup>3</sup>/s.<sup>5</sup> expressão 5.<sup>3</sup>  $\sum Q_{con} = 2,17$  m<sup>3</sup>/s.<sup>6</sup>  $\sum C_e = 26.597,22$  mg DBO/s.

Tabela 3 - Preço por unidade de água e total arrecadado do usuário industrial no C.ITA

	$Q_r$ (m <sup>3</sup> /s)	$I$ captação	$K$ <sup>1</sup> (US\$/1000m <sup>3</sup> )	$T_{captação}$ <sup>2</sup> (US\$)	$I$ poluição	$K$ <sup>1</sup> (US\$/1000m <sup>3</sup> )	$T_{poluição}$ <sup>3</sup> (US\$)	$T_{total}$ <sup>4</sup> (US\$)
jan	30,12	0,82	3,56	92,38	0,81	4,11	4.261,25	4.353,63
fev	37,41	0,86	1,83	47,49	0,85	2,19	2.270,59	2.318,08
mar	40,66	0,87	1,50	38,93	0,86	1,83	1.897,34	1.936,27
abr	29,07	0,82	3,56	92,38	0,80	4,71	4.883,33	4.975,71
mai	13,47	0,57	35,81	929,27	0,58	33,64	34.877,95	35.807,22
jun	17,25	0,69	15,04	390,29	0,67	17,76	18.413,57	18.803,86
jul	14,21	0,62	25,81	669,77	0,60	29,56	30.647,81	31.317,58
ago	13,08	0,53	45,32	1.176,05	0,56	38,06	39.460,61	40.636,66
set	12,78	0,50	53,40	1.385,73	0,55	40,39	41.876,35	43.262,08
out	12,64	0,48	59,25	1.537,54	0,55	40,39	41.876,35	43.413,89
nov	15,93	0,67	17,76	460,87	0,64	22,36	23.182,85	23.643,72
dez	18,78	0,72	11,49	298,17	0,70	13,79	14.297,47	14.595,64

<sup>1</sup> expressão 7: CAP = 335,18 US\$/1000m<sup>3</sup>.<sup>3</sup> expressão 1:  $U = 1$  e  $V_{con} = 1.036.800$  m<sup>3</sup>.<sup>2</sup> expressão 1:  $U = 1$  e  $V_{con} = 25.950$  m<sup>3</sup>.<sup>4</sup> soma das parcelas captação e poluição.

Esclarecendo os cálculos das tarifas mensais apresentadas na tabela (3), o valor da capacidade de pagamento mensal foi obtido dividindo-se o valor da capacidade anual (igual ao patrimônio líquido da empresa de 4.274,61 mil US\$) por doze e pelo volume mensal de água necessário à atividade. O volume para o cálculo de CAP é a soma dos volumes consumidos para os dois usos, os quais foram obtidos referentes às duas vazões (0,01 m<sup>3</sup>/s de vazão de captação e 0,40 m<sup>3</sup>/s de vazão equivalente para o

lançamento de efluentes) e para o tempo de um mês dado em segundos.

Concordando com Araújo (1998), para a obtenção da capacidade de pagamento deve ser utilizada a vazão necessária a produção e não a consumida, porque usuários ineficientes em termos tecnológicos seriam beneficiados com uma redução relativa do preço da água. Assim sendo, a carga residual adotada foi aquela correspondente a uma eficiência de tratamento do efluente de 80%, ou seja, no

Tabela 4 - Análise comparativa do índice de qualidade para captação de água no C.PAN

	<b>Q<sub>r</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q<sub>s</sub> (m<sup>3</sup>/s)<sup>1</sup></b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)<sup>2</sup></b>	<b>I exp. 10<sup>-3</sup></b>	<b>C<sub>s</sub> (mg/s)<sup>4</sup></b>	<b>C (mg/s)<sup>5</sup></b>	<b>I exp. 6<sup>6</sup></b>
jan	37,60	27,44	27,43	0,86	188.000,00	187.950,00	-0,01
fev	43,95	33,79	33,78	0,89	219.750,00	219.700,00	0,13
mar	45,32	35,16	35,15	0,89	226.600,00	226.550,00	0,16
abr	33,32	23,16	23,15	0,84	166.600,00	166.550,00	-0,14
mai	16,80	6,64	6,63	0,44	84.000,00	83.950,00	-1,27
jun	18,76	8,60	8,59	0,57	93.800,00	93.750,00	-1,02
jul	13,84	3,68	3,67	-0,02	69.200,00	69.150,00	-1,75
ago	14,63	4,47	4,46	0,16	73.150,00	73.100,00	-1,60
set	12,75	2,59	2,58	-0,44	63.750,00	63.700,00	-1,99
out	14,04	3,88	3,87	0,04	70.200,00	70.150,00	-1,71
nov	19,18	9,02	8,01	0,59	95.900,00	95.850,00	-0,98
dez	25,61	15,45	15,44	0,76	128.050,00	128.000,00	-0,49

<sup>1</sup> expressão 8:  $Q_{7,10} = 10,16 \text{ m}^3/\text{s}$ .<sup>2</sup> expressão 9:  $Q_{\text{con}} = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ .<sup>3</sup>  $\sum Q_{\text{con}} = 3,73 \text{ m}^3/\text{s}$ .<sup>4</sup> expressão 4:  $c_{pq} = 5,00 \text{ mg/l (DBO}_{\text{máx}} / \text{ classe 2)}$ .<sup>5</sup> expressão 5.<sup>6</sup>  $\sum C_e = 190.357,63 \text{ mg/s}$ .

cálculo da capacidade de pagamento toma-se como base o poluente residual tratado com a mínima eficiência exigida por lei, que na prática corresponde à necessidade máxima de água para fim de diluição, transporte e assimilação de poluentes. Nesta simulação, admitindo-se essa eficiência, a carga residual é de 173 kg DBO/dia no efluente industrial ou, convertendo-se as unidades, 2002 mg DBO/s (já utilizados no cálculo da vazão consumida conforme expressão 3).

Finalmente, somando os totais mensais da tabela, tem-se que o total anual pago pelo usuário é igual a US\$ 265.064,34, sendo a maior parte devida à vazão consumida para o lançamento de efluentes. Apesar de a escassez ser maior do que no primeiro cenário, ainda existe boa qualidade ambiental e o valor anual pago pelo usuário é bastante inferior à capacidade de pagamento (US\$265.064,34 < US\$ 4.274.610,00).

### 3º Cenário

A terceira simulação será feita imaginando-se a mesma indústria do segundo cenário localizada no compartimento C.PAN. O objetivo é mostrar o aumento do valor pago pelo mesmo usuário do cenário anterior quando este se instala num trecho de corpo d'água saturado que, segundo SMA (1994), é a realidade apresentada pelo Compartimento Ambiental Pinheiros/Anhumas. Logo, procurando manter um paralelo entre o segundo e o terceiro cenário, valem todas as observações da simulação anterior e a análise comparativa para os índices de qualidade já está

apresentada na tabela (4). Diferentemente da comparação entre os índices de qualidade para o segundo cenário, para esse compartimento não existe alternância dos valores críticos entre meses com maiores vazões e aqueles mais secos. Mesmo nos meses de julho e setembro, quando a vazão está abaixo do limite estabelecido como parâmetro ambiental, o estado de escassez da água é dado pela carga de poluição.

Outra diferença marcante entre este cenário e os anteriores é o fato de o trecho simulado (C.PAN) possuir uma qualidade ambiental tão inferior aos trechos dos outros compartimentos ambientais que, com exceção dos meses de fevereiro e março nos quais acontecem as maiores vazões, o comprometimento dos recursos hídricos sempre ultrapassa os indicadores de saturação dados pelo modelo. No mês mais seco, setembro, a poluição leva o corpo d'água a apresentar uma qualidade duas vezes pior do que o padrão desejável. As consequências dessa saturação ambiental serão refletidas nos preços unitários da água, conforme mostrado na tabela (5).

Já indicado pelos baixos valores dos índices de qualidade calculados na tabela (4), o preço unitário da água e o total pago pela indústria são bem maiores para o usuário localizado nesse trecho da bacia hidrográfica. No mês de setembro, cuja vazão de referência apresenta o menor valor, o preço da água chega a ser dezoito vezes maior do que a capacidade de pagamento.

Quanto ao total anual pago pelo usuário de US\$ 32.005.450,00 (soma dos valores contidos na última coluna da tabela 5), ele é sete vezes e meio superior à capacidade

Tabela 5 - Preço por unidade de água e total arrecadado do usuário industrial no C.PAN

	<b>Q<sub>r</sub></b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>I</b> captação	<b>K<sup>1</sup></b> (US\$/1000m <sup>3</sup> )	<b>T<sub>captação</sub><sup>2</sup></b> (mil US\$)	<b>I</b> poluição	<b>K<sup>1</sup></b> (US\$/1000m <sup>3</sup> )	<b>T<sub>poluição</sub><sup>3</sup></b> (mil US\$)	<b>T<sub>total</sub><sup>4</sup></b> (mil US\$)
jan	37,60	-0,01	344,14	8,93	-0,02	353,24	366,24	375,17
fev	43,95	0,13	231,74	6,01	0,12	238,87	247,66	253,67
mar	45,32	0,16	211,16	5,48	0,15	217,89	225,91	231,39
abr	33,32	-0,14	474,32	12,31	-0,15	485,43	503,29	515,60
mai	16,80	-1,27	2.942,70	76,36	-1,29	3.011,91	3.122,74	3.199,10
jun	18,76	-1,02	2.160,03	56,05	-1,05	2.246,08	2.328,74	2.384,79
jul	13,84	-1,75	4.892,26	126,95	-1,78	5.034,97	5.220,26	5.347,21
ago	14,63	-1,60	4.216,55	109,42	-1,63	4.346,71	4.506,66	4.616,08
set	12,75	-1,99	6.106,70	158,47	-2,02	6.270,42	6.501,17	6.659,64
out	14,04	-1,71	4.705,94	122,12	-1,74	4.845,26	5.023,57	5.145,69
nov	19,18	-0,98	2.048,52	53,16	-1,00	2.103,82	2.181,24	2.234,40
dez	25,61	-0,49	964,32	25,02	-0,50	981,57	1.017,69	1.042,71

<sup>1</sup> expressão 7: CAP = 335,18 US\$/1000m<sup>3</sup>.<sup>2</sup> expressão 1: U = 1 e V<sub>con</sub> = 25.950 m<sup>3</sup>.<sup>3</sup> expressão 1: U = 1 e V<sub>con</sub> = 1.036.800 m<sup>3</sup>.<sup>4</sup> soma das parcelas captação e poluição

de pagamento de US\$ 4.274.610,00 e, mais do que ser considerado “indutor” de um comportamento ambiental desejado, deve forçar mudanças profundas no cenário apresentado. Obviamente, se a cobrança estivesse implantada na bacia anteriormente ao quadro de saturação aguda, esse cenário de escassez não chegaria a cabo, pois os valores cobrados acima da capacidade de pagamento sugeririam uma mudança de localização na bacia (ou de bacia) ou fariam com que o usuário procurasse estruturar suas atividades, a fim de consumir menos água racionalizando o uso ou racionando a produção. Além disso, se o sistema de cobrança evoluir para a definição de vazões consumidas mensais, pode-se imaginar um cenário com menor escassez no qual o usuário procuraria estruturar suas atividades para que o fluxo de produção considerasse os meses com maior ou menor disponibilidade de água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi desenvolvido e aplicado um modelo de cobrança sobre o uso da água que considera como princípio base a sustentabilidade ambiental medida pela adequada gestão da escassez de água. Essa condição necessária pode ser vista como o objetivo geral da forma de cobrança aqui proposta e, compondo a busca desse objetivo, a racionalização econômica e a viabilização financeira podem ser caracterizadas como objetivos específicos. Perseguidos esses objetivos, o caráter de instrumento econômico - instrumento que visa a gerir a escassez de recursos - está preservado pelo modelo.

Traduzindo a sustentabilidade ambiental em termos de instrumentos de gestão dos recursos naturais, só tem chance de êxito uma cobrança em cuja metodologia a

capacidade de suporte for dada pelo meio e não pelo desenvolvimento tecnológico. Afinal, acreditar que mediante investimentos financeiros em infra-estrutura serão corrigidos indefinidamente os impactos advindos dos usos da água é supor erroneamente que o meio econômico é limitante do meio ambiente e não o contrário.

Diferente da maioria das propostas de cobrança que valoram a água baseadas em custos de tratamento de resíduos e de obras hidráulicas, a curva para cobrança representada pela figura (2) foi construída fundamentada na sustentabilidade do meio independente dessas intervenções, residindo neste fato uma vantagem do modelo agora proposto. Mesmo que a cobrança seja baseada em um padrão ambiental corretamente definido, a partir do qual se torna mais caro captar água ou lançar poluentes do que racionalizar usos, o parâmetro para ser apresentado o veredito “mais caro” não pode ser custos de obras e tecnologias, cuja “sustentabilidade” pode até acabar no curto prazo se houver um crescimento econômico acelerado.

Também vai ao encontro de uma sustentabilidade ambiental a associação que se faz entre o valor a ser cobrado e a capacidade de suporte do meio - representada na curva para cobrança pelo índice de qualidade - tendo como referência a capacidade de pagamento dos usuários de recursos hídricos. A sustentabilidade dos recursos hídricos só será base da cobrança pelo uso da água se o valor cobrado for difícil de ser pago quando esses recursos tornarem-se escassos, não quando os custos de medidas mitigadoras dessa escassez tornarem-se muito elevados.

O modelo proposto também contempla a associação entre sustentabilidade ambiental e racionalização econômico-financeira ao oferecer a possibilidade de adoção de uma vazão de referência com garantias estatísticas

de ocorrência, obtida através dos cenários de simulação matemática. A vazão de referência, ao mesmo tempo em que contribui com o aspecto de sustentabilidade ambiental do índice de qualidade, possibilita ao sistema de cobrança uma melhor alocação dos recursos e uma maior arrecadação para possíveis melhorias na infra-estrutura responsável pela quantidade e qualidade dessas vazões: quanto maior a garantia da existência de água → menor a vazão de referência → maior o preço por unidade de água consumida → maior a necessidade de racionalização do uso.

Outras possibilidades econômicas e sociais poderão ser amplamente discutidas pela sociedade quando definidos os valores cobrados e, especificamente, o valor do multiplicador "U". Por exemplo, determinado segmento de usuários pode ser dividido em classes, considerando fatores sociais ou econômicos, e determinada classe pode ter o valor cobrado aumentado ou diminuído para haver uma melhor distribuição de renda. Além dessa possibilidade, poderia ser incrementado o estímulo em não se ocupar áreas com escassez de recursos hídricos - associação entre uso e ocupação do solo e qualidade da água já intrínseca à metodologia base - majorando-se os valores cobrados aos usuários localizados junto a corpos d'água cuja utilização pretendida pela sociedade seja outra.

Assim, mesmo com a fórmula simples dada por "K.U.V" - multiplicação de um valor unitário de água pelo volume consumido, cujo resultado pode ser aumentado ou diminuído em função de objetivos da sociedade - tem-se um modelo versátil cujos resultados simulados indicam uma coerência com os objetivos citados anteriormente. Tendência confirmada ao ser analisado trabalho de Dinar & Subramanian (1997), no qual constata-se que os preços por unidade de volume simulados são compatíveis com os valores cobrados em vários países do mundo.

Analizando-se os valores apresentados pelos autores, apenas o preço encontrado para a irrigação ficou abaixo do menor valor relativo ao uso agrícola de 0,10 US\$/1000 m<sup>3</sup> cobrado na Espanha. Entretanto, isso pode ser explicado porque o primeiro cenário simulado apresenta índice de qualidade muito próximo ao valor máximo e, se assim fosse, nem estaria configurada a escassez e a cobrança não existiria. Por outro lado, passando a existir um quadro de escassez de água pouco maior, o índice de qualidade indicaria um valor mais próximo da capacidade de pagamento de 2,45 US\$/1000 m<sup>3</sup> e o preço unitário da água poderia encontrar-se facilmente acima do limite inferior supracitado.

Prova disso seria dada ao realizar-se a mesma simulação do primeiro cenário trocando-se a captação para irrigação de milho pela irrigação de frutas, cujo irrigante possuísse a capacidade de pagamento igual ao valor médio das hipóteses analisadas por Righetto (2001). Neste caso, o preço por unidade de água consumida seria de 0,07 US\$/1000 m<sup>3</sup>, valor bem mais próximo do mínimo referi-

do, mesmo frente à boa condição de qualidade da água existente no compartimento ambiental simulado.

Também mediante a análise dos números apresentados por Dinar & Subramanian (1997), nota-se grande diferença entre os limites inferior e superior dos valores de cobrança no mundo. Assim, afirma-se novamente a vantagem da utilização da capacidade de pagamento dos diferentes usuários na formação do preço da água, pois, dessa maneira, além de a cobrança contemplar o uso múltiplo de água, ela serve como balizamento aos valores cobrados a fim de que o agente econômico que está exaurindo o meio ambiente não possa ter capacidade de pagar pelos custos dessa degradação.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J.C. (1998). Avaliação da capacidade de pagamento de irrigantes no Ceará. *Relatório Técnico, UFC – COGERH – CNPq, Fortaleza*.
- AZAMBUJA, C. (2000). Disponibilidade hídrica da bacia do rio Piracicaba – utilização do modelo MODSIMP-32. *Universidade de São Paulo, 180p. Dissertação (Mestrado)*.
- BARRAQUÉ, B. (1995). As políticas de água na Europa. *Lisboa, Instituto Piaget*.
- DINAR, A., SUBRAMANIAN, A. (1997). Water Pricing Experiences - An International Perspective. *World Bank, technical paper n. 386, Washington*.
- LANNA, A. E. L. (2000). *Instrumentos Econômicos de Gestão Ambiental*. Texto colhido da Internet, IPH, UFRGS, Porto Alegre.
- MACHADO, P. A. L. (2001). Direito Ambiental Brasileiro. *Editora Malheiros, São Paulo, 9ª edição*.
- OECD - Organization for Economic Cooperation and Development (1975). The polluter pays principle: definition, analysis and implementation. *Paris*.
- PANONE, L. A.; MELLO, R. M.; SOUZA M. P.; AVOLIO, E. G. (2001) Discussão dos conceitos envolvidos no Projeto de Lei 676 do Estado de São Paulo. In: *V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*. Aracaju, ABRH.
- PESSOA, C. A. P.; FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. (2001). A cobrança sobre os usos da água: instrumento econômico ou fonte de arrecadação? In: *V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*. Aracaju, ABRH.
- RIGHETTO, G. M. (2001). Capacidade de pagamento e cobrança pelo uso e degradação dos recursos hídricos. *Universidade de São Paulo, 109p. Dissertação (Mestrado)*.
- SMA (1994). Estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água: bacia do rio Piracicaba. *Secretaria do Meio Ambiente – São Paulo – Série Relatórios*.
- SOUZA, M. P. (1995). A cobrança e a água como bem comum. *Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hídricos, v.13, n.1*.

- SEROA DA MOTTA, R. (1998). *Utilização de critérios econômicos para a valorização da água no Brasil*. Texto para discussão n° 556. Rio de Janeiro, IPEA.
- KRAEMER, R. A. (1999). Water management and policy in Germany. In: *Semana Internacional de Estudos sobre Gestão de Recursos Hídricos*. Foz do Iguaçu, ABRH.
- ZABEL, T.; REES, Y. (1999). Institutional framework for water management in the United Kingdom. In: *Semana Internacional de Estudos sobre Gestão de Recursos Hídricos*. Foz do Iguaçu, ABRH.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da FINEP (programa RECOPE / REHIDRO).

## ***Pricing and Management of the Water Shortage***

### ***ABSTRACT***

*In Brazil, the Water Resources National Policy incorporates the water pricing as an economic tool for water resources management. Considering this definition, the water pricing must accomplish the following objectives: to promote the efficient use of the resource considering its shortage; to recognize the water as a good (commodity) with economic value, internalizing the environmental costs of externalities originated from the use of water resources; to reduce the conflicts of water use through an allocation system which balance the society priorities with the water demand management.*

*The water pricing is included as a management tool in a policy whose primary objective is to “ensure water availability for current and future generations with suitable quality standards according to its respective uses”. So besides the goals mentioned above, the water pricing must be implemented in a way to induce the user to behave towards the environmental sustainability.*

*Based on these fundamentals, this research presents the conceptualization and application of a pricing model for water use that considers the principle of environmental efficiency evaluated by the adequate management of the water shortage. Following the environmental efficiency, the model also pursues the economic and financial efficiency of the water resource system. This predominance of the environment over the economy weakens arguments that the water use impacts would be compensated indefinitely by financial investments in infrastructure. To admit that economic development has this power is similar to mistakenly assume that the economic dimension is the limit for the environment, and not the opposite.*

*This argument clarifies the problem of the majority of the water pricing methodologies, which define the value of water based on wastewater treatment costs and on hydraulic construction costs. Even if these pricing methods are very well defined, in a way that they define prices for water diversion or wastewater discharges higher than prices for rational use, the price of water cannot be based on indicators*

*whose sustainability may end in the short time, in accordance with the economic growth.*

*The sustainability of the water resources as fundamental for the water pricing will be accomplished when the price charged for the water reflects the shortage of the resources, and not the cost for mitigation measures. So, the water-pricing model proposed in this research tries to guarantee that the economic agent who is degrading the environment will not be able to pay for the costs of this degradation.*

*Key-words: pricing water; water shortage.*