

# **ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE**

## **COBRANÇA E PREÇOS ÓTIMOS PELO USO E POLUIÇÃO DA ÁGUA DE MANANCIAIS**

.....

*José Carrera-Fernandez  
PhD em Economia pela Universidade de  
Chicago. Professor do Mestrado em Eco-  
nomia da Universidade Federal da Bahia*

### **RESUMO:**

.....

Discute a racionalidade da cobrança pelo uso da água das bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru no Estado da Bahia e apresenta uma metodologia alternativa para determinação de um sistema de preços pelo uso da água, o qual inclui a diluição de poluentes. Esta metodologia leva em consideração o fato de que o objetivo mais importante de um sistema de preços pelo uso da água é assegurar aos usuários de uma bacia hidrográfica um uso eficiente, além de restringir o órgão gestor a cobrir todos os seus custos no gerenciamento dos recursos hídricos. A política de preços desenvolvida neste estudo satisfaz o critério de eficiência econômica, à medida em que minimiza as distorções no consumo e na produção, em relação aos níveis ótimos de utilização da água, ademais de não apresentar perdas ou ganhos financeiros, não justificáveis sob o ponto de vista distributivo. Isto é, o sistema de preços ótimos desenvolvido neste estudo não apresenta desequilíbrios financeiros, característicos de uma política de preços igual ao custo marginal, nem cria ou amplia distorções na alocação dos recursos da água, característicos de um sistema de preços igual ao custo médio.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Água; Recursos Hídricos; Cobrança pelo Uso da Água; Gerenciamento de Recursos Hídricos; Política de Preços; Eficiência Econômica; Energia Elétrica; Geração de Energia Elétrica; Poluição da Água; Poluentes; Irrigação; Abastecimento de Água; Poluição por Rejeitos de Mineração; Custos; Racionamento da Água; Bacias Hidrográficas.

## 1. INTRODUÇÃO

.....

Embora a cobrança pela utilização dos recursos hídricos já estivesse prevista na legislação brasileira desde os anos trinta, a efetiva implementação da cobrança nunca foi feita. No Brasil, com exceção da cobrança de uma taxa pelo uso da água na geração de energia elétrica, a utilização da água bruta para o abastecimento, irrigação e poluição tem tido tarifação zero. O uso perdulário da água em certas finalidades, principalmente no abastecimento, assim como a ocorrência de níveis elevados de poluição da água, é consequência direta da falta de preços sinalizadores. O reflexo desta falta de sinalização do mercado é que a água, pelo menos a de boa qualidade, vem se tornando um bem cada vez mais escasso e, portanto, cada vez mais valioso.

O mecanismo de mercado, na presença de custos de transação -- associados com indefinições do direito de propriedade -- não é capaz de contabilizar os custos sociais que as decisões individuais de cada usuário impõem aos demais usuários dos recursos hídricos. Daí, torna-se imprescindível a ação do poder público, através da cobrança pelo uso e poluição da água, como forma de racionalizar a utilização desses recursos. Assim, a determinação de um preço justo e a efetiva cobrança pelo uso e poluição da água de mananciais, principalmente aqueles com balanços hídricos deficitários ou críticos, são um instrumento importante para a gestão racional dos recursos hídricos do Estado.

O sistema de preços ótimos pelo uso e poluição da água desenvolvido nesse estudo é justificado como instrumento de correção do mecanismo de mercado, de modo que as externalidades no consumo e na produção são forçosamente internalizadas aos custos privados. Em consequência, obtém-se uma alocação ótima da água entre os vários usuários de um sistema de bacia, os quais, em suas decisões de consumo e produção, são induzidos a considerar o real valor da água. Ademais, a implementação dessa política de preços ótimos requer um sistema bem definido de transferência de direitos sobre o uso da água, o qual, para ser eficiente, deverá ser operacionalizado através do mercado.

## 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

.....

### 2.1 A ÁGUA COMO UM BEM ECONÔMICO

No passado não muito remoto, a água de mananciais era considerada, via de regra, como um *bem livre* (sem valor econômico), devido à sua abundância na natureza. Atualmente, devido ao crescimento desordenado de certas regiões e à essencialidade da água em termos de serviços e necessidades sociais, existe uma preocupação crescente com o futuro dos recursos hídricos, uma vez que a água, pelo menos a de boa qualidade, vem-se tornando a cada dia um bem cada vez mais escasso. Em realidade, já existe um consenso entre os economistas e a sociedade de um modo geral no sentido de considerar a água como um *bem econômico*.

Como todo bem econômico, a água tem um *valor de uso* e um *valor de troca*, além do fato de que pertencerão a proprietários e/ou titulares que disporão de seu uso. O valor de uso da água é caracteristicamente variável, pois depende fundamentalmente da utilidade ou satisfação que os diversos usuários atribuem à água, pela capacidade de satisfazer suas necessidades. O valor de troca, por outro lado, depende das condições de oferta e demanda, o qual é regulado por preços, que na economia moderna, são expressos em termos monetários.

### 2.2 TEORIAS DO VALOR PARA A ÁGUA

A característica mais marcante da água é que ela tem diferentes valores de uso e, portanto, admite diferentes valores de troca ou preços. As doutrinas econômicas têm procurado determinar de que dependem e como se estabelecem essas diferenças de preços, e constitui-se hoje um dos pontos mais controvertidos da teoria econômica. A doutrina clássica defende a idéia de que o valor real de um bem depende da quantidade de trabalho utilizada para produzi-lo, mas que, para efeito de troca, o seu preço deve refletir a relação que existe entre a oferta e a demanda desse bem. A doutrina marxista, por sua vez, modifica a teoria clássica do valor-trabalho, introduzindo o tempo de trabalho "socialmente" necessário à produção do bem.

A doutrina neoclássica reflete a tendência dos clássicos e socialistas em utilizar o trabalho como índice de valor para a água, mas ressalta a primazia de elementos subjetivos, como por exemplo, o grau de preferência que os usuários têm pela água, bem como a sua presença física e o seu *custo de oportunidade*.<sup>\*</sup> Isto é, o valor da água está fundamentado na apreciação subjetiva que cada usuário faça da água, e se materializa em um preço, através do equilíbrio entre oferta e demanda. Assim, quanto mais escassa for a água e quanto maior for a sua valoração subjetiva para os vários usuários, maior será o seu preço e vice-versa. Em outras palavras, é o livre jogo entre oferta e demanda emanado do mercado, que determina o valor da água.

### 2.3 A ÁGUA COMO UM BEM PRIVADO E PÚBLICO

Todo bem econômico pode ser classificado segundo a sua natureza em privado e público. Um bem é privado se dois usuários quaisquer não podem beneficiar-se simultaneamente do seu uso. Por outro lado, um bem é considerado público se dois ou mais usuários podem beneficiar-se concomitantemente do seu uso.

Um mesmo metro cúbico de água tanto pode ser considerado como bem privado, quanto como bem público. A utilização da água de um manancial com a finalidade de abastecimento público e irrigação, por exemplo, é considerada como um bem privado, visto que o metro cúbico de água consumido por qualquer um desses usuários não pode ser consumido pelos demais. Por outro lado, a água de um manancial quando utilizada para fins de lazer e recreação, é considerada como bem público.

No entanto, a água utilizada para geração de energia elétrica tanto pode ser considerada como um bem privado quanto público, a depender do seu ponto de captação. Se a captação se dá a montante da central hidroelétrica, a água é considerada um bem privado, uma vez que a água retirada não chega à turbina geradora. Entretanto, se a captação é feita a jusante, a água é, em realidade, um bem público. Isso porque a água que movimenta a turbina geradora é totalmente devolvida ao corpo d'água e poderá ser utilizada, portanto, pelos demais usuários do sistema.

<sup>\*</sup> Valor da água em um uso alternativo.

### 2.4 O QUADRO JURÍDICO DAS ÁGUAS NO BRASIL

A Constituição Brasileira de 1988 estabelece que todas as águas são públicas, do domínio da União ou dos Estados. Segundo essa Constituição, as águas superficiais estão repartidas entre a União e os Estados da seguinte forma. As águas que, devido à sua localização, banham mais de um Estado ou País, são de domínio da União. As demais águas, com exceção daquelas represadas por obras da União, são de domínio do Estado. As águas subterrâneas pertencem ao Estado, se situadas sob seus limites territoriais. É interessante observar que, pelo menos em tese, a Constituição Brasileira publicizou todas as águas, de modo que deixam de existir as águas comuns, as municipais e as particulares, previstas no Código de Águas de 1934 (POMPEU, 1992).

De acordo com o Código Civil, o fato de todas as águas pertencerem à União e aos Estados faz com que elas sejam incluídas na categoria de bens públicos de uso comum. É importante ressaltar que, ao incluí-las nessa categoria, as águas não são suscetíveis de direito de propriedade, embora a tradição jurídica designe um titular, ao qual se confia a sua guarda e gestão. Talvez resida aí o maior problema para a implementação da cobrança pelo uso e poluição da água. Sob o ponto de vista econômico, é essa indefinição do direito de propriedade a responsável pelo uso incorreto da água.

### 2.5 VALOR E PREÇO DA ÁGUA

A definição de valor da água não é trivial, principalmente por se tratar de um recurso natural escasso; bem como pelo fato de a água ser utilizada por uma gama de diferentes usos, com diferentes valorações subjetivas e variados custos de oportunidade.

Fazendo-se uso da teoria neoclássica, a qual privilegia o princípio da opção preferencial pela consideração de um preço de mercado, pode-se estimar o valor da água. Para a doutrina neoclássica, o valor da água é estimado através da derivação de uma curva de demanda para cada modalidade de uso, a qual relaciona uma dada quantidade de água ao valor econômico que lhe é atribuído nesse uso. É claro que esse valor depende de uma série de parâmetros, tais como renda dos usuários, possibilidades de substituição da água e nível tecnológico existente, dentre outros.

É interessante ressaltar que a curva de demanda de mercado para um determinado uso é o resultado da agregação das curvas de demanda individuais dos vários usuários. Se os usos forem concorrentes (caso de um bem privado), como é o caso da água para abastecimento público ou irrigação, essa agregação se dá na horizontal (isto é, para um dado preço, são as quantidades que se adicionam). Por outro lado, se os usos são não-concorrentes (caso dos bens públicos), como é o caso da água para lazer e recreação e captações à jusante de uma central hidroelétrica, a agregação é feita na vertical (isto é, para uma dada quantidade, adicionam-se os preços).

## 2.6 CURVAS DE DEMANDA POR ÁGUA

As estimativas do valor da água consideradas nesse estudo seguem a tradição neoclássica e fundamentam-se na existência de uma curva de demanda por água em cada uso, que relaciona um valor ou um preço para cada quantidade de água.

Neste ponto é relevante distinguir dois diferentes conceitos de demanda: a *demanda ordinária* (ou *Marshalliana*) e a “”. A demanda ordinária é largamente utilizada pelos economistas, e o seu conceito é bastante disseminado. A demanda Marshalliana é obtida a partir da solução de um problema de maximização da utilidade (ou satisfação), que a água proporciona ao usuário, o qual está condicionado à sua restrição orçamentária. Por outro lado, a demanda “Tudo ou Nada” é muito pouco utilizada pelos economistas, e o seu conceito não é trivial. Demonstra-se, a seguir, que uma é a transformada da outra, por um processo de derivação ou integração, respectivamente.

A curva inferior na FIGURA 2.6 ilustra a função de demanda ordinária (ou Marshalliana) por água no uso  $j$ , a qual é especificada por:

$$p_j = p_j(x_j), \text{ com } dp_j(x_j)/dx_j < 0. \quad (2.6.1)$$

A altura da curva de demanda ordinária em qualquer ponto representa a *disposição a pagar*,  $p_j(x_j)$ , a qual é definida pelo máximo valor que um usuário da água no uso  $j$  estaria disposto a pagar por uma dada quantidade  $x_j$  de água nesse uso.

Com base nessa mesma curva de demanda, pode-se avaliar ainda o conceito de *preço de reserva*,  $p_j^r$ , o qual é definido por:

$$p_j^r(x_j) = (1/x_j) \int_0^{x_j} p_j(x_j) dx_j \quad (2.6.2)$$

ou

$$p_j^r(x_j) x_j = \int_0^{x_j} p_j(x_j) dx_j \quad (2.6.2')$$

O preço de reserva representa o máximo valor que o usuário da água no uso  $j$  estaria disposto a pagar e estar indiferente entre pagar e ter a água disponível para o uso ou não tê-la, absolutamente. Isto é, o preço de reserva representa a altura da curva de demanda “Tudo ou Nada”, a qual é mostrada na FIGURA 2.6 pela curva mais alta.

Vale a pena ressaltar que o preço de reserva em cada uso depende, além da apreciação subjetiva da água ao satisfazer as necessidades nesse uso, de quanto cada usuário é capaz de pagar. Isto é, depende, evidentemente, da renda do usuário ou do quanto a água nesse uso é capaz de contribuir para o valor da produção.

É interessante observar que, desde que  $p_j(x_j)$  é decrescente em  $x_j$ , então  $p_j^r(x_j) > p_j(x_j)$ . Isto é, a demanda “Tudo ou Nada” se situa acima da demanda ordinária, como mostra a FIGURA 2.6. Isto é, diferenciando-se a demanda “Tudo ou Nada” (2.6.2') com relação a  $x_j$ , obtém-se a demanda Marshalliana:

$$d[p_j^r(x_j) x_j] / dx_j = p_j(x_j) \quad (2.6.3)$$

Em outras palavras, a demanda ordinária,  $p_j(x_j)$ , é a curva marginal da demanda “Tudo ou Nada”,  $p_j^r(x_j)$ , de modo que, estimando-se uma, pode-se obter a outra, automaticamente.

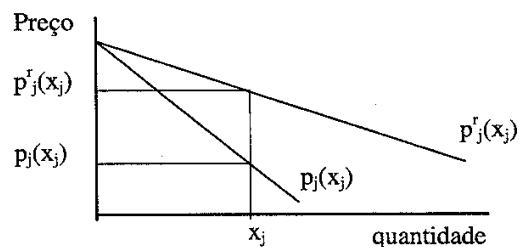


FIGURA 2.6: Funções de Demanda Marshalliana “Tudo ou Nada”

O fato de não se dispor de pares de preço-quantidade de água, os quais definiriam a demanda ordinária, não é empecilho para se determinar o

valor da água nos vários usos. Isto é, o problema associado com o fato de a água de mananciais estar sendo tratada até então no Brasil, como um bem livre, e portanto cotada ao preço zero, pode ser superado ao utilizar-se o conceito de demanda "Tudo ou Nada".

A função de demanda "Tudo ou Nada" é de fundamental importância tanto para a determinação do custo de oportunidade da água em um determinado uso, quanto para a obtenção do valor marginal da água nesse mesmo uso, e portanto da própria função de demanda ordinária. O valor da água em um dado uso é estimado a partir dos custos adicionais de substituição por uma solução alternativa, associados à interrupção do fornecimento de água do manancial em questão. Esta substituição por uma solução alternativa, busca revelar, através da análise de preferências dos vários usuários, a máxima disposição de pagar pelo uso da água (incluindo-se aí a diluição e transporte de efluentes) de cada usuário. Isto é, considera-se que o máximo valor que os usuários estariam dispostos a pagar para continuarem a utilizar a água é igual ao custo adicional da solução alternativa mais barata (ou menos cara) disponível aos usuários, que produz o mesmo efeito.

## 2.7 ESTIMATIVAS DO VALOR DA ÁGUA PARA OS VÁRIOS USOS

Como a água de mananciais vem sendo cotada ao preço zero, embora já haja um consenso em considerá-la como um bem econômico, não existem dados estatísticos disponíveis que possibilitem estimar o valor que os seus usuários estariam dispostos a pagar (disponibilidade a pagar) por cada metro cúbico de água utilizada. É visando suprir esta falta de informação, que serão feitas simulações através da determinação do custo adicional de interrupção do fornecimento de água ou proibição dos despejos nesse manancial, e a substituição por uma solução alternativa (preço de reserva).

A seguir discorre-se sobre a metodologia para determinação do preço de reserva por água, para cada tipo de uso, o qual é um elemento fundamental na determinação da função de demanda "Tudo ou Nada" por água.

### 2.7.1 Geração de Energia Elétrica

O valor de reserva que os consumidores de energia elétrica, em conjunto, estariam dispostos a pagar por cada metro cúbico de água para geração de energia elétrica,  $p_e^r$ , é o valor que tais consumidores teriam que dispender a mais para consumir energia elétrica de outra fonte alternativa de geração, como por exemplo, de uma usina térmica ou um motor a diesel, e estarem indiferentes entre uma alternativa e outra. Isto é:

$$p_e^r = q_e(c_t - c_h) / x_e \quad (2.7.1)$$

Onde:  $x_e$  é o volume de água por unidade de tempo requerido para geração de energia elétrica;  $q_e$  é a capacidade instalada de energia elétrica da central hidroelétrica em questão;  $c_h$  é o custo de geração de 1 mW de energia elétrica pela central hidroelétrica; e  $c_t$  é o custo de geração de 1 mW de energia elétrica de uma usina térmica ou qualquer outra alternativa mais barata de produção de energia elétrica.

O diferencial  $(c_t - c_h)$  na Expressão (2.7.1), representa a economia de custo entre duas fontes alternativas de geração de energia elétrica, que a sociedade teria ao produzir energia em uma usina hidroelétrica -- usando uma tecnologia mais barata e eficiente de produção -- em relação à fonte alternativa -- mais cara e, portanto, menos eficiente.

### 2.7.2 Irrigação

O valor de reserva que os produtores estariam dispostos a pagar por metro cúbico de água utilizada para irrigação de suas lavouras é o ganho adicional que tais produtores obteriam com as suas lavouras sendo irrigadas com a água do manancial em questão. Assim, o valor máximo pelo uso da água para irrigação,  $p_i^r$ , pode ser computado da seguinte forma:

$$p_i^r = (P_i - P_s)S_i / x_i \quad (2.7.2)$$

Onde:  $x_i$  é o volume de água por unidade de tempo captada do manancial para irrigação;  $S_i$  é a área total irrigada com a água de manancial;  $P_i$  é o preço da terra irrigada por unidade de área (com ou sem outorga para captação de água do manancial); e  $P_s$  é o preço da terra em sequeiro por unidade de área.

É interessante observar que o diferencial de preços  $(P_i - P_s)$  na Expressão (2.7.2) representa a *renda*

ou quase-renda\* da terra irrigada em relação à terra não-irrigada, a qual é apropriada pelos fazendeiros que irrigam a terra.

## 2.7.3 Abastecimento

O preço de reserva que os consumidores de água potável, em conjunto, estariam dispostos a pagar por cada  $m^3$  de água consumida,  $p_a^r$ , é o valor adicional por metro cúbico de água que tais consumidores teriam de gastar para captar água, diga-se, de poços artesanais -- a segunda alternativa mais barata -- e permanecerem indiferentes entre uma ou outra alternativa.\*\* Assim:

$$p_a^r = (x_a / q_a)(c_p - c_m) \quad (2.7.3)$$

Onde:  $x_a$  é o volume de água por unidade de tempo captada do manancial em questão para abastecimento;  $q_a$  é a produção de água tratada para abastecimento, por unidade de tempo;  $c_p$  é o custo médio de cada  $m^3$  de água captada de poços artesanais; e  $c_m$  é o custo médio de cada  $m^3$  de água captada do manancial em questão.

## 2.7.4 Poluição Por Rejeitos de Mineração

O preço de reserva que as mineradoras (agentes poluidores) estariam dispostas a pagar para descartar seus rejeitos ou diluir os seus despejos com uma dada concentração de poluentes por litro d'água,  $p_p^r$ , é o valor que tais mineradoras teriam de desembolsar a mais na compra de equipamentos e construção de barragens de estabilização e contenção, para produzir uma dada quantidade de minério, com um nível aceitável de poluição, e permanecerem indiferentes entre uma e outra alternativa. Isto é:

$$p_p^r = (c_r - c) / Kx \quad (2.7.4)$$

Onde:  $K = (k_p - k^*) / k_p$  é o fator de redução da concentração em termos percentuais do poluente;  $k_p$  é a concentração do poluente (ou parâmetro ambiental) que chega até o manancial;  $k^*$  é a concentração desse poluente de referência ou a concentração

permitida pela legislação vigente no País;  $c$  é o custo de produção do minério por unidade física para a atual tecnologia de produção,  $c_r$  é o custo de produzir o minério por unidade física com equipamentos e barragens de estabilização, que reduzem as concentrações desse poluente no meio ambiente. É importante observar que  $Kx = x^*$ , representa a produção do minério em unidade física, normalizada pelo padrão de qualidade ambiental.

É importante ressaltar que o diferencial ( $c_r - c$ ) na Expressão (2.7.4), representa o acréscimo de custo de produção usando uma tecnologia mais cara, que reduz a concentração do poluente no meio ambiente, valor este que é implicitamente apropriado pelas mineradoras da região, mas que será devolvido à sociedade, via a cobrança pela poluição da água, como forma de corrigir as distorções na utilização da água desse manancial.

## 3. ASPECTOS TEÓRICOS DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

### 3.1 A COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO

Qualquer política de cobrança pelo uso e poluição da água de mananciais deve priorizar o critério de eficiência econômica, derivado através de um processo de otimização que maximize o bem-estar social e minimize os impactos sócio-econômicos negativos. *Eficiência econômica* requer, pelo menos, três conceitos distintos de eficiência: técnica, alocativa e de escala. *Eficiência técnica* garante que, com os recursos disponíveis, a produção é maximizada. *Eficiência alocativa* assegura, para um dado nível de produção e uma dada estrutura de preços dos vários insumos, uma alocação perfeita dos recursos existentes entre as várias unidades produtivas. Eficiência técnica e alocativa juntas asseguram que os custos sociais são minimizados. Minimização dos custos sociais é condição necessária para a maximização do benefício social líquido, mas não é suficiente. A condição de suficiência só é garantida com a eficiência de escala. *Eficiência de escala* assegura, para um dado nível de preços relativos, um nível de produção ótimo. Esses três conceitos de eficiência, quando considerados con-

\* Renda ou quase renda econômica é o pagamento a um fator de produção que excede o pagamento mínimo necessário para ter aquele fator suprido.

\*\* Uma outra solução alternativa seria o suprimento de água potável de outros mananciais através de carros pipa.

juntamente, garantem que o benefício social líquido é maximizado.

A doutrina econômica neoclássica estabelece que a economia de mercado, sem interferências espúrias (por exemplo, monopólios e externalidades), conduz sempre à eficiência econômica. Entretanto, o mercado por si só, não é suficientemente capaz de levar à eficiência distributiva, de modo que a equidade na repartição da riqueza deve ser considerada como uma condicionante nesse processo de otimização.

### 3.2 ALOCAÇÃO ÓTIMA DA ÁGUA: EXTERNALIDADES E O DIREITO DE PROPRIEDADE

O problema central de encontrar um valor para a água reside no fato de que, cada usuário, ao decidir por si só qual a quantidade de água que deveria consumir, gera um padrão de consumo *ineficiente de Pareto*, visto que a sua decisão de consumo, afeta o consumo dos demais usuários do manancial. Um padrão de consumo é eficiente de Pareto (ou *ótimo de Pareto*), se não é possível melhorar a situação de algum usuário, sem piorar a situação de qualquer outro. Em outras palavras, há um *efeito externo* (ou simplesmente *externalidade*) no consumo de água dos demais usuários, que não é levado em consideração nas decisões individuais de consumo.

É importante observar que, o simples fato de a água de uma bacia hidrográfica ser cotada ao preço zero, induz qualquer usuário a não levar em consideração o efeito que a sua decisão particular de consumir um metro cúbico a mais de água causa aos outros usuários desse manancial. Com o objetivo de tornar a alocação da água de mananciais mais eficiente, principalmente nas bacias hidrográficas com altas demandas, como é o caso dos rios Paraguai (parte alta) e Itapicuru, é que o órgão gestor de recursos hídricos pode - e deve - cobrar pelo uso da água, de modo a induzir que cada usuário internalize esse custo nas suas decisões de consumo ou produção.

Para melhor entender esse problema, que na literatura econômica é conhecido pelas múltiplas denominações de *problema do custo social* ou *externalidades tecnológicas* ou *Teorema de Coase*<sup>\*</sup>,

<sup>\*</sup> Foi Ronald Coase (1960), no seu "The Problem of Social Cost", quem primeiro discutiu sistematicamente a importância dos custos de transação em relação à alocação de recursos.

considere a FIGURA 3.2, onde no eixo horizontal mede-se o volume de água consumido no uso  $j$ ,  $x_j$ , e, sobre o eixo vertical, o seu preço,  $p_j$ . A curva denotada por  $CMg^p$  na FIGURA 3.2, mostra o *custo marginal privado* (custo de oportunidade, avaliado em termos de mão-de-obra, equipamentos e outros insumos) de captação de água para uma dada finalidade. Entretanto, não se pode deixar de considerar o fato de que, cada metro cúbico adicional de água captado, causa um custo adicional à sociedade, uma vez que os outros usuários dispõem agora de  $1\text{ m}^3$  a menos de água para seu uso. A curva denotada por  $CMg^s$ , na FIGURA 3.2, mostra o *custo marginal social*, o qual inclui, além do custo de oportunidade privado de captar um metro cúbico de água, este custo adicional imposto à sociedade.

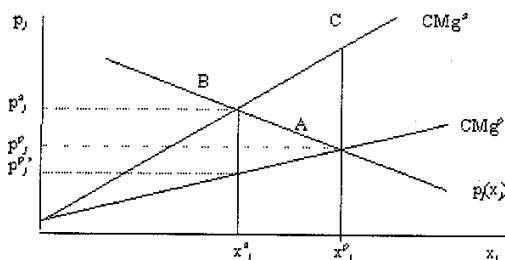


FIGURA 3.2: Distorção Entre os Custos Social e Privado

Se a função de demanda por água no uso  $j$  da FIGURA 3.2 for representada por  $p_j(x_j)$ , então, o usuário, irá consumir  $x_j^p$   $\text{m}^3$  de água, o qual é obtido igualando-se o preço (benefício marginal) ao custo marginal privado (ponto A na FIGURA 3.2). Como o usuário, na sua decisão de consumo, não leva em consideração o custo marginal social, então este usuário estará consumindo um volume de água maior que o volume socialmente ótimo, com prejuízos para os outros usuários do sistema. A condição para a alocação ótima no consumo da água, requer que cada usuário fundamente sua decisão de consumo, igualando o preço ao custo marginal social (ponto B na FIGURA 3.2), custo esse que inclui, além dos custos privados (mencionados anteriormente), o custo implícito que a captação de  $1\text{ m}^3$  adicional de água causa à sociedade.

Assim, tomando-se a FIGURA 3.2 como referência, se o órgão gestor cobrasse  $(p_j^s - p_j^p)$  pelo uso da água, de modo que o nível de captação da água fosse reduzido para  $x_j^s$ , o benefício sofreria uma redução, representada pela área  $x_j^s B A x_j^p$ , mas o custo total também seria reduzido em  $x_j^s B C x_j^p$ , o

que resultaria num ganho líquido para a sociedade representado pela área ABC.

Esta análise pode ser estendida para o caso da utilização da água de um manancial como diluente de poluentes. Este é o caso da atividade mineradora em Campo Formoso, que despeja seus poluentes (principalmente o minério de cromo) no rio Itapicuru, com implicações semelhantes para a utilização dos recursos hídricos. Neste caso, o eixo horizontal da FIGURA 3.2 representaria o volume de produção, e a curva especificada por  $p_j(x_j)$  na mesma figura, representaria a função de demanda por minério de cromo (a qual mede o benefício marginal social). Supõe-se que, quanto maior for o nível de produção, maior será o nível de poluição despejada nesse manancial. O nível ótimo de produção de minério, e conseqüentemente de poluição, seria obtido no ponto B da mesma figura, onde o custo marginal social é igual ao benefício marginal social. Este "nível ótimo de poluição"\* só seria obtido, se o órgão gestor dos recursos hídricos cobrasse das mineradoras o valor representado na FIGURA 3.2, pela diferença entre  $p_j^s$  e  $p_j^p$ , como forma de estas internalizarem aos seus custos de produção os custos sociais da poluição, impostos aos demais usuários do manancial.

É com base neste exercício lógico que a cobrança pelo uso da água de mananciais é justificada. Neste sentido, o preço da água funciona como mecanismo de correção da distorção entre o custo social e o custo privado. Em outras palavras, a cobrança pelo uso e poluição da água funciona como um instrumento legal de internalizar os efeitos externos, que cada usuário de uma bacia hidrográfica impõe aos demais, na sua decisão particular de consumo de água ou produção.

A característica crucial das externalidades é que a água é um bem econômico, mas seus usuários não pagam pelo seu uso. Os problemas associados com as externalidades, na sua maioria, geralmente surgem devido ao fato de que os direitos de propriedade são mal definidos. As mineradoras que já têm licença para produzir, acham-se no direito legal de produzir o minério na quantidade desejada, mesmo que às custas de um nível maior de poluição do manancial. O irrigante que já se utiliza da água de um manancial, cujo balanço hídrico já é bastante crítico, sente-se no direito legal de continuar consumindo, mesmo que este não tenha sido

outorgado o direito de uso. Por outro lado, um irrigante potencial, em processo de outorga, contemplando a possibilidade de irrigar as suas terras com a água desse mesmo manancial, também acredita ter o direito legal sobre a água que passa ao longo das suas terras, mesmo que a ele não lhe seja concedida a outorga. Se os direitos de propriedade estão bem definidos, e existem mecanismos que permitem a alocação entre os vários usuários, então os usuários podem negociar seus direitos de consumo e diluição de poluentes, da mesma forma que trocam direitos de consumir qualquer bem.

### 3.3 OBJETIVOS DE UMA POLÍTICA DE PREÇO PÚBLICO

Existem dois pontos de vista diferentes, e até certo ponto conflitantes, de encarar os objetivos que uma política de preço público deveria ter. O primeiro deles é mais amplo e estabelece que a função do preço público é buscar a eficiência na alocação dos recursos públicos, o que só é conseguido através da maximização de bem-estar social. O segundo ponto de vista é mais restrito, e estabelece que o objetivo da política de preço público é cobrir os custos de produção, cobrando-se de cada usuário uma proporção "justa" destes custos. A conseqüência do primeiro ponto de vista é ter preço refletindo o custo marginal de produção, enquanto que o segundo é ter preço cobrindo o custo médio de produção.

Em uma indústria que apresenta custos médios declinantes (retornos crescentes de escala), como é o caso do gerenciamento de recursos hídricos em bacias com excedentes hídricos, a implicação de uma política de preço refletindo o custo marginal de produção (primeiro ponto de vista) é a presença sistemática de prejuízos, uma vez que o custo é maior que a receita. Do mesmo modo, a conseqüência de uma política de preço refletindo o custo marginal em uma indústria com custos médios crescentes (retornos decrescentes de escala), como parece ser o caso do gerenciamento de recursos hídricos em bacias com balanço hídrico crítico, é a presença sistemática de lucros, visto que, neste caso, a receita é maior que o custo. Isto significa que a formação de preço igual ao custo marginal (primeiro ponto de vista), cria efeitos redistributivos negativos na economia, inaceitáveis tanto sob o ponto de vista privado como social. A ineficiência distributiva ocorre porque os prejuízos terão que ser forçosamente pagos pelos contribuintes, os quais

\* Não é absurda a idéia de uma quantidade ótima de poluição, porque a eliminação de poluentes é custosa. Isto é, reduzir a poluição das águas abaixo do nível ótimo, representaria uma redução no bem-estar social.



estariam, em conjunto, subsidiando os usuários dos recursos hídricos; ou porque os lucros terão que ser compulsoriamente gerados pelos próprios usuários do sistema, os quais estariam sendo penalizados ao se transferir tais recursos para outras finalidades.

Por outro lado, a implicação de uma política de preço que reflete o custo médio de produção (segundo ponto de vista) é a criação (ou ampliação) de distorções na utilização dos recursos hídricos em relação aos níveis socialmente ótimos, as quais seriam também inaceitáveis tanto sob o ponto de vista privado quanto social.

Embora a política de preço igual ao custo marginal (primeiro ponto de vista) seja economicamente eficiente -- ao garantir uma alocação ótima de recursos produtivos, ela não é socialmente ótima, visto que esta política de preço introduz distorções distributivas. Por outro lado, embora a política de preço igual ao custo médio (segundo ponto de vista) seja eficiente em termos distributivos -- ao prever que cada usuário de um manancial pagaria uma proporção justa dos custos -- tal política de preço não é economicamente eficiente, uma vez que ela amplia ou introduz novas distorções na alocação dos recursos hídricos.

Em decorrência de sua própria tecnologia, o sistema de gerenciamento de recursos hídricos nas bacias com balanços hídricos críticos é caracterizado por custos médios elevados (os quais são compostos na sua maior parte por custos fixos), mas com custos marginais pequenos, mesmo no longo prazo. Isso implica que, ao se fixar o preço igual ao custo marginal, o órgão gestor estaria incorrendo em perdas financeiras, com reflexos negativos para toda a sociedade e, portanto, inaceitáveis sob o ponto de vista distributivo (ineficiência distributiva).

### 3.4 DETERMINAÇÃO DO SISTEMA DE PREÇOS ÓTIMOS PELO USO DA ÁGUA

Talvez o mais importante objetivo da cobrança pelo uso e poluição da água seja garantir ao sistema um uso eficiente desse recurso. O mecanismo pelo qual o uso mais eficiente da água (incluindo-se aí o transporte e a diluição de poluentes) pode ser atingido; dá-se através de uma política de preços ótimos pelo seu uso, a qual maximize a diferença entre os benefícios e custos sociais e, ao mesmo tem-

po, minimize os impactos distributivos na economia. Entretanto, diferente do pensamento da grande maioria dos economistas, que defendem um ou outro ponto de vista, a adoção de uma política de preços ótimos, não significa necessariamente que se deva cobrar pelo uso e poluição da água o seu custo marginal ou o seu custo médio de produção. A política de preço ótimo, desenvolvida a seguir, não deverá ter ganhos ou perdas financeiras associadas com o primeiro ponto de vista, nem tão pouco deverá criar (ou ampliar) as distorções na utilização dos recursos hídricos, associada com o segundo ponto de vista.

A política de preços ótimos é derivada, fazendo-se uso da *função de utilidade indireta de bem-estar da sociedade*\*

$$v = v(p, M), \text{ com } \delta v / \delta p < 0 \text{ e } \delta v / \delta M > 0 \quad (3.4.1)$$

Bem como da função de restrição orçamentária da sociedade (*excedente econômico*):

$$M(p) = p_j x_j(p) - c_j[x_j(p)] \quad (3.4.2)$$

Onde  $p$  é o vetor de preços da economia -- o qual inclui os preços a ser determinados para as várias modalidades de uso da água (irrigação, abastecimento, geração de energia elétrica e descarte de poluentes); e  $M$  é a renda da comunidade. Isto é, a política ótima de cobrança pelo uso e poluição da água de mananciais, descarta a possibilidade de perdas ou ganhos financeiros e restringe o órgão responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos a gerar um excedente econômico zero.

Assim, os preços são escolhidos de sorte a maximizar (3.4.1), sujeito à restrição (3.4.2) de que  $M(p) = 0$ \*\* Ao resolver-se este problema de otimi-

\* É perfeitamente possível agregar o bem-estar social em uma única função, com base em certos pressupostos estabelecidos pela teoria do bem-estar econômico. Convém ressaltar que, embora a função de bem-estar coletivo seja uma abstração teórica, que em certas e raras condições pode ser definida matematicamente, é absolutamente desnecessária a sua especificação para obtenção de uma política de preços ótimos pelo uso da água de mananciais. Tudo que se requer nesta análise é que a função de bem-estar exista.

\*\* Rigorosamente falando, nada impede que este nível seja diferente de zero. Por exemplo, se o Estado deseja contribuir com parte dos recursos, o que só seria aceitável nos primeiros anos de implementação da cobrança, então  $M(p) < 0$ .

zação, resulta a seguinte condição *necessária* para um ótimo interior\*\*\*.

$$\frac{\delta v}{\delta p_j} + \mu \left[ \frac{\delta x_j}{\delta p_j} + x_j - \frac{\delta c_j}{\delta p_j} \frac{\delta x_j}{\delta p_j} \right] = 0 \quad \text{para todo } j \quad (3.4.3)$$

Onde,  $\mu$ , é o multiplicador de Lagrange. Fazendo-se uso da *identidade de Roy*\*, a Condição (3.4.3) pode ser reescrita, após algumas manipulações algébricas, da seguinte forma:

$$\frac{\delta v}{\delta M} \frac{p_j - \delta c_j / \delta x_j}{-x_j} + \mu x_j + \mu x_j (-----) e_j = 0 \quad \text{para todo } j \quad (3.4.3') \delta M \quad p_j$$

Onde  $e_j = (\delta x_j / \delta p_j) (p_j / x_j) < 0$  é a elasticidade-preço da demanda do bem  $j$ . Alternativamente, a equação (3.4.3') pode ser reescrita, de forma mais sugestiva, da seguinte maneira:

$$(p_j - CMg_j) / p_j = \alpha (1 / |e_j|) \quad \text{para todo } j \quad (3.4.3'')$$

Onde  $\alpha = 1 - (\delta v / \delta M) / \mu$ , é uma constante de proporcionalidade que reflete a diferença relativa entre benefícios e custos marginais.

A condição (3.4.3'') tem um resultado interessante para a determinação da política de preços ótimos pelo uso e poluição da água. Ela estabelece que a variação percentual de preço da água no uso  $j$ , em relação ao seu custo marginal, é inversamente proporcional à sua elasticidade preço da demanda. Isto significa que, quanto menor for a elasticidade preço para um determinado uso da água, maior deverá ser o preço a ser cobrado em relação ao custo marginal e vice-versa\*\*. Portanto, é cobrando preços diferenciados que a distorção no consumo e na utilização da água como diluente de poluentes, em relação aos seus níveis ótimos, é minimizada.

A intuição por trás desse resultado, que até certo ponto é surpreendente, está fundamentada na *teoria do "second best"* (LYPSEI & LANCASTER, 1957), a qual estabelece que, se existe a impossibilidade de se obter eficiência na alocação de recursos em uma parte da economia, então, a busca para o resto da economia das outras condições padrão de eficiência, não é mais relevante. Isso significa que,

\*\*\* Supõe-se que a condição suficiente para um ótimo interior é satisfeita.

\* A identidade de Roy estabelece que  $(\delta v / \delta p_j) / (\delta v / \delta M) = -x_j$ .

\*\* Este resultado está em conformidade com a *regra de Ramsay* da teoria das finanças públicas, bem como segue a mesma linha do "Optimal departures from marginal cost pricing" (BAUMOL & BRADFORD, 1970).

em uma economia caracteristicamente marcada pela existência de mercados regulamentados, com retornos crescentes de escala, e externalidades tecnológicas, os quais não operam sob as condições padrão do bem-estar econômico, não é mais socialmente ótimo ter preços refletindo custos marginais de produção para alguns mercados (mas não todos), pois a economia pode se afastar ainda mais das *condições Pareto ótimo*. Portanto, por mais paradoxal que pareça, uma economia com menos mercados operando com preços que reflitam custos marginais, pode ser socialmente preferível.

### 3.5 CUSTO MARGINAL DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Como ficou demonstrado na seção anterior, além da elasticidade preço da demanda por água no uso  $j$ , o custo marginal é também um elemento fundamental para a especificação da estrutura de preços ótimos pelo uso e poluição da água. A determinação do custo marginal, por sua vez, é fundamentada no fato de que o gerenciamento de recursos hídricos é uma atividade ( indústria, no seu sentido mais amplo) que produz um serviço essencial de utilidade pública, tendo em vista que a água é um recurso escasso, embora renovável.

A metodologia utilizada para cálculo do custo marginal de gerenciamento dos recursos hídricos,  $CMg^*$ , é fundamentada, de um lado, no custo operacional da unidade marginal,  $CMe$ , e de outro, na possibilidade de racionamento de água em certos períodos do ano (estação seca). Assim, se  $r$  denota a probabilidade de haver racionamento no período crítico do ano;  $x_j^0$  a quantidade de água no uso  $j$  por unidade de tempo racionada; e  $C(x_j^0)$  o custo marginal de racionamento, então o custo marginal de gerenciamento de curto prazo, conforme definido por ALBOUY (1983):

$$CMg^* = (1-r)CMe + rC(x_j^0) \quad (3.5.1)$$

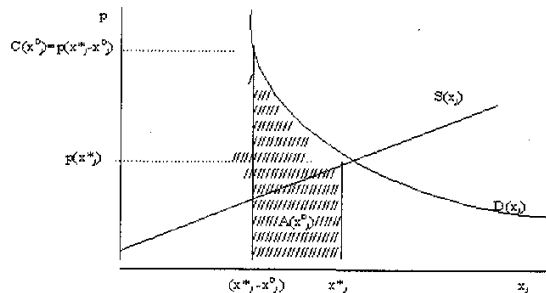
É interessante observar que o custo marginal fora do racionamento é igual ao custo operacional da unidade marginal, o qual é, em geral, pequeno quando comparado ao custo marginal de racionamento. Vale a pena ressaltar ainda que a Expressão (3.5.1) é uma aproximação progressiva da realidade, pois à medida que a demanda do sistema vai paulatinamente ficando crítica, demandas adicionais não se traduzem apenas em aumentos de custos operacionais de gerenciamento, mas também as

margens de reserva do sistema como um todo tornam-se cada vez menores, com um conseqüente aumento nos riscos de racionamento. Ademais, a Expressão (3.5.1) é estável numericamente e se aproxima dos custos de longo prazo, quando a capacidade do sistema está adaptada ao nível de utilização ótimo.

O conceito de custo marginal de racionamento é fundamentado no fato de que nem sempre pode-se satisfazer a demanda por água de um ou mais grupos de usuários. Isto é, em um dado instante, pode haver falta d'água para um determinado uso (incluindo-se aí a interrupção dos despejos poluentes), o que levaria forçosamente a um racionamento no consumo (ou no despejo de poluentes) em relação à sua demanda normal.

O custo associado com o racionamento de  $x_j^0$  m<sup>3</sup> de água é avaliado através da curva de demanda, pelo valor que o usuário (ou grupo de usuários) sob o racionamento estaria disposto a pagar pelo consumo de um metro cúbico adicional de água (ou pelo despejo de 1 m<sup>3</sup> adicional de efluentes). Tomando-se a FIGURA 3.5 como referência, então, o custo total de racionamento é representado pela área hachurada  $A(x_j^0)$ , área esta que corresponde à redução do bem-estar do usuário racionado em  $x_j^0$  metros de água. O custo marginal de racionamento é então  $p(x_j^* - x_j^0)$ , valor que representa o custo para a sociedade de 1 m<sup>3</sup> adicional de água.

FIGURA 3.5: Custo Marginal de Racionamento



#### 4. O CASO DAS BACIAS DO ALTO PARAGUAÇU E ITAPICURU

Devido ao crescimento desordenado de certas regiões, existe hoje uma preocupação crescente

com o futuro dos recursos hídricos, uma vez que a água vem se tornando a cada dia, um bem cada vez mais escasso. Este é o caso das bacias do Alto Paraguaçu e do Itapicuru, as quais experimentaram, na última década, um aumento preocupante de demanda por água desses mananciais, sobretudo para irrigação, além da possibilidade de projetos de geração de energia elétrica no Alto Paraguaçu, bem como para diluição de despejos de mineração (principalmente a de cromo) no Itapicuru.

Vale a pena ressaltar que, embora as bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru estejam sendo consideradas conjuntamente neste estudo, certos usos da água são específicos de cada bacia, resultado de características inerentes às próprias bacias. A utilização da água para irrigação e abastecimento é comum a ambas as bacias. No entanto, devido ao grande potencial hidroenergético que a bacia do Alto Paraguaçu apresenta, a água nessa bacia pode ser utilizada para geração de energia elétrica. Característica essa que não se apresenta na bacia do Itapicuru. Por outro lado, especificamente para a bacia do Itapicuru, a água é utilizada para despejos de poluentes, principalmente na mineração de cromo.

#### 4.1 DETERMINAÇÃO DOS PREÇOS DE RESERVA E DAS FUNÇÕES DE DEMANDA POR ÁGUA EM CADA USO

A estimativa do valor da água em cada uso é obtida através da avaliação do custo de oportunidade da água nesse uso. Conforme definido na Seção 2.7, o preço de reserva da água em cada uso corresponde ao máximo valor que tais usuários da água, em conjunto, estariam dispostos a pagar e ficar indiferentes entre continuarem a utilizar esse recurso ou buscarem uma solução alternativa menos custosa. Simulando-se uma interrupção na utilização da água de um manancial para uma certa finalidade, pode-se avaliar o custo de oportunidade (preço de reserva) da água nesse uso, pelo custo adicional que os usuários teriam que incorrer para substituir esse recurso por uma solução alternativa menos cara, e que produza o mesmo efeito.

##### 4.1.1 Irrigação

O máximo valor que os irrigantes estariam dispostos a pagar por metro cúbico de água para irri-

gação é obtido através do ganho adicional que tais produtores obteriam ao irrigar suas lavouras com a água desse manancial. Conforme indicado na Seção 2.7.2, tal ganho representa a renda (ou quase renda) da terra irrigada em relação à terra em sequeiro, a qual é apropriada pelos agricultores que irrigam as suas terras.

A TABELA 4.1.1 contém os preços médios de terras nuas (sem benfeitorias) nas regiões das bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru, os quais são utilizados como "proxy" na avaliação dos preços de reserva da água para irrigação,  $p_i^r$ , nas referidas bacias:

Com base na área irrigada e no requerimento unitário regional de água bruta para irrigação de 0,55 l/s/ha, para a bacia do Alto Paraguaçu e 1,3

TABELA 4.1.1  
PREÇOS DE TERRAS NAS BACIAS DO ALTO PARAGUAÇU E ITAPICURU

Discriminação	Preço (US\$/ha)		Área Irrigada			
	Paraguaçu	Itapicuru	Paraguaçu		Itapicuru	
			(ha)	(%)	(ha)	(%)
Irigada com outorga	354.00	250,00	2.716	62,0	36	1,4
Irigada sem outorga	257.00	208,00	1.664	38,0	2.521	98,6
Irigada (média ponderada)	317.14	208,60	4.380	100,	2.557	100,
Sequeiro	146.00	120,00	---	---	---	---

Fonte: AIBA, Receita Federal, INTERBA e Cadastro de Irrigantes da SRH.

l/s/ha, para a bacia do Itapicuru, estima-se, para o mês crítico, uma vazão de captação de água para irrigação de 2,4 m<sup>3</sup>/s (ou  $x_i=7,57 \times 10^7$  m<sup>3</sup>/ano), para o manancial do Paraguaçu e 3,32 m<sup>3</sup>/s (ou  $x_i=1,05 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/ano), para o manancial do Itapicuru.

O máximo valor que os irrigantes dessas bacias hidrográficas estariam dispostos a pagar por metro cúbico de água captado desses mananciais e estarem indiferentes entre continuarem a produzir com irrigação ou em sequeiro,  $p_i^r$ , é obtido substituindo-se na Equação (2.7.2) a área irrigada,  $S_i$ , o volume anual de água requerido para irrigação,  $x_i$  e o diferencial de preço da terra irrigada em relação à terra em sequeiro,  $(P_i-P_s)$ , que constam no Quadro 4.1.1:

$$p_i^r = (171,14 \times 4.380) / 7,57 \times 10^7 = 9,89 \times 10^{-3} \text{ (US$/m}^3\text{)},$$

para o Alto Paraguaçu

$$p_i^r = (88,60 \times 2.557) / 1,05 \times 10^8 = 2,17 \times 10^{-3} \text{ (US$/m}^3\text{)},$$

para o Itapicuru

Convém lembrar que o preço de reserva de água para irrigação é o valor que os irrigantes dessas bacias hidrográficas se apropriam, devido ao maior valor da produção de suas lavouras irrigadas, *vis-à-vis* ao valor da produção da agricultura em sequeiro, o qual se materializa através do diferencial de preço das terras irrigáveis em relação às terras de sequeiro.

O diferencial de preço da terra irrigada em relação à terra em sequeiro é uma renda, no sentido "lato" da palavra, uma vez que, introduzindo-se o sistema de irrigação, não é necessário nenhum gasto adicional para assegurar sua existência\*. Entretanto, alguns economistas preferem chamar esse ganho adicional de quase-renda, visto que, quando da elaboração do projeto de outorga da água, foi necessário um gasto inicial para induzir sua existência\*\*.

Assim, renda ou quase-renda é qualquer pagamento adicional pelo valor da terra necessário para induzir qualquer fazendeiro a produzir nas terras irrigadas. Esse pagamento adicional é computado *diretamente* pelo dife-

rencial de preços de terras irrigadas em relação às terras não-irrigadas, e *indiretamente* pelo aumento do valor da produção agrícola nas terras irrigadas *vis-à-vis* o valor da produção em sequeiro.

Portanto, o primeiro ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" fica assim determinado, e cujas coordenadas são  $(7,57 \times 10^7; 9,89 \times 10^{-3})$ , para a bacia do Alto Paraguaçu e  $(1,05 \times 10^8; 2,17 \times 10^{-3})$ , para a bacia do Itapicuru.

O segundo ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" para cada bacia é obtido simulando-se a possibilidade de que apenas os irrigantes com outorga aprovada ou em fase de aprovação poderiam captar água do Itapicuru, proibindo-se as captações dos irrigantes sem outorga. Substituindo-se os valores correspondentes, que constam na TABELA 4.1.1, e as novas vazões de captação, chega-se ao

\* Os gastos com a irrigação propriamente dita são contabilizados nos custos diretos de produção, neles incluídos a própria amortização do capital investido, bem como os custos financeiros incorridos.

\*\* Custos associados com a preparação do projeto de outorga.

máximo valor que se poderia cobrar por metro cúbico de água captado dos irrigantes desses mananciais agraciados com outorga, e deixá-los indiferentes entre continuar a cultivar suas lavouras com irrigação ou cultivá-las em sequeiro:

$$p_i^f = (208 \times 2.716) / 4.70 \times 10^7 = 1,20 \times 10^{-2} \text{ (US$/m}^3\text{)}, \text{ para o Alto Paraguaçu}$$

$$e \quad p_i^f = (130 \times 36) / 1,48 \times 10^6 = 3,16 \times 10^{-3} \text{ (US$/m}^3\text{)}, \text{ para o Itapicuru}$$

Assim, o segundo ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" fica então definido, e suas coordenadas são  $(4,70 \times 10^7; 1,20 \times 10^{-2})$ , para o manancial do Alto Paraguaçu e  $(1,48 \times 10^6; 3,16 \times 10^{-3})$ , para o manancial do Itapicuru.

Visto que os dois pontos assim determinados definem completamente uma reta, pode-se ajustá-los a uma relação funcional linear, de modo a obter a função de demanda "Tudo ou Nada" por água para irrigação para cada bacia em análise, cujas equações são especificadas por:

$$p_i^f = 1,55 \times 10^{-2} - 7,35 \times 10^{-11} x_i, \text{ para a bacia do Alto Paraguaçu} \quad (4.1.1.1)$$

$$e \quad p_i^f = 3,17 \times 10^{-3} - 9,56 \times 10^{-12} x_i, \text{ para a bacia do Itapicuru} \quad (4.1.1.2)$$

A partir das quais obtém-se o ganho da comunidade em cada bacia hidrográfica, quando  $x_i$  é disponível ao preço  $p_i^f$ :

$$p_i^f x_i = 1,55 \times 10^{-2} x_i - 7,35 \times 10^{-11} x_i^2, \text{ para a bacia do Alto Paraguaçu} \quad (4.1.1.3)$$

$$e \quad p_i^f x_i = 3,17 \times 10^{-3} x_i - 9,56 \times 10^{-12} x_i^2, \text{ para a bacia do Itapicuru} \quad (4.1.1.4)$$

Finalmente, diferenciando-se as equações (4.1.1.3) e (4.1.1.4) em relação a  $x_i$ , obtém-se as funções de demanda ordinária (ou Marshalliana) por água bruta para irrigação nas referidas bacias:

$$p_i = 1,55 \times 10^{-2} - 1,47 \times 10^{-10} x_i, \text{ para a bacia do Alto Paraguaçu} \quad (4.1.1.5)$$

$$e \quad p_i = 3,17 \times 10^{-3} - 1,91 \times 10^{-11} x_i, \text{ para a bacia do Itapicuru} \quad (4.1.1.6)$$

O preço de demanda por metro cúbico de água em cada bacia é obtido substituindo-se os respecti-

vos consumos anuais de água para irrigação nas respectivas equações, o qual é da ordem de US\$4,37  $\times 10^{-3}$  na bacia do Alto Paraguaçu e US\$1,16  $\times 10^{-3}$  na bacia do Itapicuru. No entanto, a política de preços ótimos preconizada neste trabalho não se fundamenta exclusivamente nas demandas individuais por água em cada uso, mas sim no equilíbrio geral do sistema, onde as interdependências entre os diferentes grupos de usuários (em termos de elasticidade-preço de demanda) e o custo marginal de gerenciamento dos recursos hídricos, são também levados em consideração.

A elasticidade-preço da demanda por água para irrigação nas respectivas bacias, a qual é definida por  $e_i = (dx_i/dp_i)/(p_i/x_i)$ , avaliadas nos respectivos pontos de captação, são iguais a -0,39 (para a bacia do Alto Paraguaçu) e -0,58 (para a bacia do Itapicuru). Vale ressaltar que estes valores podem ser considerados como boas estimativas para a determinação do sistema de preços ótimos (Seção 4.3).

## 4.1.2 Abastecimento

O sistema de abastecimento de água nas principais cidades e distritos das regiões do Alto Paraguaçu e Itapicuru é operado pela Empresa Baiana de Saneamento (EMBASA). O abastecimento d'água das pequenas comunidades rurais e da população rural dispersa é feito a partir de sistemas simplificados, implantados pela Companhia de Engenharia Rural da Bahia (CERB) e pela Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR), e operados pelas Prefeituras Municipais e pela Fundação Nacional de Saúde (FNS). Os sistemas de abastecimento de água da região são de três tipos alternativos: (a) Captação a fio d'água; b) Barramentos; e c) Poços tubulares.

Estima-se que em todo processo de abastecimento d'água convencional, desde a captação inicial, passando pelo tratamento, até a distribuição final, a empresa distribuidora tem uma perda d'água de 40%. Por outro lado, quando o abastecimento d'água é feito através de captações de poços tubulares profundos, estima-se que a perda d'água seja de 10% para a bacia do Alto Paraguaçu e 20%, para a bacia do Itapicuru, a qual exige um processo de dessalinização. Para captações de poços "superfíci-

\* Por estar numa região de clima semi-árido, as águas armazenadas na bacia do Itapicuru apresentam problemas de salinização, constatado através do aumento dos teores de dureza e cloretos. Este problema é decorrente principalmente pelo alto grau de evaporação do espelho d'água e da inexistência de descargas de fundo que possibilitariam a renovação das águas armazenadas.

ais" (isto é, até 60 m de profundidade), considera-se que não há perdas no abastecimento, devido à pequena distância da fonte ao ponto de consumo e da inexistência do processo de dessalinização.

Levantamento feito junto à EMBASA e à empresas perfuradoras de poços profundos e superficiais no interior do Estado, resultou nos seguintes custos de água para abastecimento mostrados na primeira linha da TABELA 4.1.2. A segunda linha do mesmo quadro, mostra o diferencial de custo de captação de poços profundos e superficiais em relação à captação do manancial em questão. A linha seguinte da TABELA 4.1.2 contém a vazão referencial de cada fonte de captação d'água. A última linha desse mesmo quadro, mostra a relação entre o volume de água captado e o volume de água efetivamente abastecido ( $x_a/q_a$ ). É importante mencionar que o custo por metro cúbico de água captada do manancial em questão inclui os processos de captação, tratamento e distribuição, enquanto que o custo dos poços só inclui os processos de captação e distribuição, uma vez que essas captações estão isentas de impurezas orgânicas.

O preço de reserva da água para abastecimento, isto é, o máximo valor que os consumidores de água potável estariam dispostos a pagar a mais pelo

são (2.088; 0,374), para a bacia do Alto Paraguaçu e (4.881,06; 0,54), para a Bacia do Itapicuru, onde o primeiro elemento do par ordenado é a vazão de captação e o segundo o preço de reserva.

O segundo ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" é obtido através de simulação, na qual contempla-se a hipótese de um preço proibitivo de captações dos mananciais em questão, ao ponto de induzir os próprios consumidores a fazerem suas próprias captações, através de poços. Isto significa que as captações são pulverizadas por um número maior de unidades de abastecimento, com um volume de captação também menor, por exemplo, 14,40 m<sup>3</sup>/h (vazão de referência para pequenas captações). Neste caso de pequenas captações através de poços, não haveria perda de água entre a captação e o ponto de consumo, por dois motivos básicos. Primeiro, porque não haveria necessidade de tratamento d'água. E segundo, porque a linha de distribuição seria também reduzida, eliminando-se assim a possibilidade de vazamentos. Portanto, substituindo-se os valores da segunda e terceira linhas da TABELA 4.1.2 na Equação (2.7.3), obtém-se o preço máximo que os consumidores estariam dispostos a pagar a mais para que a EMBASA continuasse com o abastecimento d'água, e estarem indiferentes entre esta captação e as captações particulares:

$$p_a^r = (1,14 - 0,42) = 0,72 \text{ (US$/m}^3\text{)}, \text{ para ambas as bacias}$$

Portanto, o segundo ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" por água para abastecimento nessas bacias fica então determinado, cujas coordenadas são (14,40; 0,72).

TABELA 4.1.2  
PARÂMETROS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA  
PARA ABASTECIMENTO

Discriminação	Manancial		Poços Profundos		Poços Superficiais
	Paraguaçu	Itapicuru	Paraguaçu	Itapicuru	
Custo (US\$/m <sup>3</sup> )	0,42	0,42	0,76	0,87*	1,14
Diferenc. de Custo (US\$/m <sup>3</sup> )	---	---	0,34	0,45	0,72
Vazão de Referência (m <sup>3</sup> /h)	2.088,00	4.881,06	1.584,00	1.985,00	14,40
Coef. Captação/ Abastec. ( $x/q_a$ )	1,4	1,4	1,1	1,2	1,0

Fonte: CERB, EMBASA e consulta à empresas.

\* Inclui o custo de dessalinização da água.

uso de cada metro cúbico de água dos mananciais em questão,  $p_a^r$  é determinado ao se substituir os valores que constam na TABELA 4.1.2 na equação (2.7.3):

$$p_a^r = 1,1 \times 0,34 = 0,374 \text{ (US$/m}^3\text{)}, \text{ para a bacia do Alto Paraguaçu}$$

$$p_a^r = 1,2 \times 0,45 = 0,54 \text{ (US$/m}^3\text{)}, \text{ para a bacia do Itapicuru}$$

O primeiro ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" é assim determinado, e suas coordenadas

Ajustando-se uma reta aos pontos assim determinados, obtém-se as funções de demanda "Tudo ou Nada" por água para abastecimento dos mananciais em questão, as quais são especificadas por:

$$p_a^r = 0,722 - 1,67 \times 10^{-4} x_a, \text{ para a bacia do Alto Paraguaçu} \quad (4.1.2.1)$$

$$p_a^r = 0,722 - 3,70 \times 10^{-5} x_a, \text{ para a bacia do Itapicuru} \quad (4.1.2.2)$$

Determinando-se  $p_a^r x_a$ , isto é, a relação funcional que mede o ganho para a sociedade quando  $x_a$  é disponível ao preço  $p_a^r$ ; e diferenciando-a com

relação a  $x_a$ , obtém-se finalmente as funções de demanda ordinária por água para abastecimento em cada bacia hidrográfica:

$$p_a = 0,722 - 3,34 \times 10^{-4} x_a, \text{ para a bacia do Alto Paraguaçu} \quad (4.1.2.3)$$

$$e \quad p_a = 0,722 - 3,34 \times 10^{-4} x_a, \text{ para a bacia do Itapicuru} \quad (4.1.2.4)$$

Substituindo-se as respectivas vazões de captação de água para abastecimento nas equações (4.1.2.3) e (4.1.2.4), obtém-se os correspondentes preços de demanda,  $p_a$ . Tais preços são utilizados para determinação das respectivas elasticidades preço da demanda por água para abastecimento, cujos valores são -0,04 (para a bacia do Alto Paraguaçu) e -0,99 (para a bacia do Itapicuru). Estes valores podem ser considerados como estimativas razoáveis para a determinação do sistema de preços ótimos pelo uso da água desses mananciais.

### 4.1.3 Energia Elétrica

A bacia do Alto Paraguaçu oferece condições propícias para a instalação de Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH's). Já estão identificados três pontos potenciais para a instalação de PCH's. Dois desses pontos estão localizados na sub-bacia do rio Paraguaçu, no trecho Mucugê-Andaraí, com queda d'água de 240 m e 160 m de altura e capacidade instalada de 11,6 mW e 7,7 mW, respectivamente. Ambas as PCH's prevêm uma vazão regularizada de 6,0 m<sup>3</sup>/s e investimentos na ordem de US\$ 17,04 e 17,52 milhões de dólares, respectivamente. O outro ponto localiza-se na sub-bacia do rio Santo Antônio, com queda d'água de 67 m de altura, potência instalada de 8,4 mW, vazão regularizada de 15,2 m<sup>3</sup>/s e investimentos da ordem de US\$ 34,2 milhões de dólares.

É interessante ressaltar que o primeiro aproveitamento hidroenergético na sub-bacia do rio Paraguaçu torna-se o aproveitamento marginal, uma vez que a água que passa por esse ponto segue integralmente para o segundo aproveitamento. Assim, deve-se garantir à montante da primeira PCH uma vazão de 6,0 m<sup>3</sup>/s, necessária para gerar 11,6 mW de energia elétrica nas três turbinas previstas, conforme projeto elaborado no Plano Diretor de Recursos Hídricos para a bacia. Assim, tomando-se a vazão crítica de 6,0 m<sup>3</sup>/s, necessária para gerar  $q_e = 11,6$  mW de potência instalada de energia elé-

trica, nas três turbinas da pequena central hidroelétrica no eixo Mucugê-Andaraí, chega-se à vazão de água requerida desse manancial para geração de energia elétrica, a qual é da ordem de  $x_e = 2,16 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/h.

Com base nos custos de geração de energia elétrica de três fontes alternativas: hidroelétrica, térmica e diesel (veja-se TABELA 4.1.3), pode-se quantificar o diferencial de custo de geração de energia hidroelétrica, tanto em relação à térmica ( $c_t - c_h$ ), para a capacidade instalada da PCH de 11,6 mW, quanto em relação à diesel ( $c_d - c_h$ ), para uma potência menor, diga-se de 3,7 mW, usando-se apenas uma turbina da referida PCH. Esses custos e diferenciais de custo estão nas duas últimas colunas do

TABELA 4.1.3: Custo de Fontes Alternativas de Geração de Energia Elétrica

Fonte de Geração	Potência (mW)	Custo (US\$/mWh)	Diferencial de Custo (US\$/mWh)
Hidroelétrica	11,6	26,4	----
Térmica	11,6	31,7	5,3
Diesel	3,7	34,3	7,9

Fonte: Companhia de Eletricidade da Bahia (COELBA) (1996).

referido quadro.

Assim, o máximo valor que os consumidores de energia elétrica estariam dispostos a pagar por metro cúbico de água para geração de 11,6 mW de energia na PCH do Alto paraguaçu,  $p_e^r$ , é obtido substituindo-se os valores  $q_e$ ,  $x_e$  e  $(c_t - c_h)$ , extraídos da TABELA 4.1.3, da equação (2.7.1):

$$p_e^r = (11,6 \times 5,3) / 2,16 \times 10^4 = 2,85 \times 10^{-3} \text{ (US$/m}^3\text{)}$$

É interessante observar que o preço de reserva de US\$  $2,85 \times 10^{-3}$  por m<sup>3</sup> de água, é o valor que os consumidores de energia elétrica teriam que desembolsar a mais para consumir energia elétrica de uma usina térmica (segunda alternativa mais barata de geração de energia elétrica), e estarem indiferentes entre uma alternativa ou outra. Isto significa que este é o máximo valor que se poderia cobrar da Companhia de Eletricidade da Bahia (COELBA)\*, de modo a deixar a sociedade indiferente, entre produzir ou não energia elétrica na referida PCH.

\* Supõe-se que a COELBA repassa integralmente esse custo adicional de captação de água para os seus consumidores.

Portanto, o primeiro ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" fica assim determinado, cujas coordenadas são  $(2,16 \times 10^4; 2,85 \times 10^{-3})$ , onde o primeiro elemento do par ordenado é o volume de água demandado e o segundo o preço de reserva.

O segundo ponto da função "Tudo ou Nada", o qual possibilitaria o ajustamento de uma função linear, é obtido através da simulação, na qual reduz-se a capacidade de geração de energia elétrica da PCH para apenas 1/3 da sua capacidade instalada. Nessa simulação, supõe-se que apenas uma turbina operaria, gerando uma potência de 3,7mW de energia elétrica, o que implicaria também redução do consumo de água para  $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$  (ou  $7,2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Supõe-se ainda, nessa simulação, que para gerar essa menor potência, a fonte de geração mais apropriada, em termos de investimento, seria o gerador a diesel.

Assim, substituindo-se o volume de água requerido para geração de energia elétrica e os dados da terceira linha da TABELA 4.1.3 na equação (2.7.1), obtém-se o preço de reserva que se poderia cobrar, nessas circunstâncias:

$$p_e^r = (3,7 \times 7,9) / 7,2 \times 10^3 = 4,06 \times 10^{-3} \text{ (US\$/m}^3\text{)}$$

A interpretação do preço  $p_e^r$  é análoga ao preço de reserva,  $p_e^r$ , e representa o máximo valor que se poderia cobrar por metro cúbico de água captado para a geração de energia elétrica e deixar a sociedade indiferente entre produzir 3,7 mW de energia elétrica na PCH do Alto Paraguaçu, com apenas uma turbina, ou produzir essa mesma potência de energia elétrica através de um gerador a diesel.

Obtém-se assim o segundo ponto da função de demanda "Tudo ou Nada", cujas coordenadas são  $(7,2 \times 10^3; 4,06 \times 10^{-3})$ .

Portanto, ajustando-se a equação da reta aos pontos assim determinados, obtém-se a função de demanda "Tudo ou Nada" por água para geração de energia elétrica, cuja equação é dada a seguir:

$$p_e^r = 4,67 \times 10^{-3} - 8,4 \times 10^{-8} x_e \quad (4.1.3.1)$$

Com base na Equação (4.1.3.1), pode-se avaliar a relação funcional que mede o ganho para a sociedade,  $p_e^r x_e$ , quando  $x_e$  é disponível ao preço  $p_e^r$ :

$$p_e^r x_e = 4,67 \times 10^{-3} x_e - 8,4 \times 10^{-8} x_e^2 \quad (4.1.3.2)$$

Finalmente, diferenciando-se (4.1.3.2) em relação a  $x_e$ , obtém-se a função de demanda ordinária (ou Marshalliana), cuja equação é expressa por:

$$p_e = 4,67 \times 10^{-3} - 1,68 \times 10^{-7} x_e \quad (4.1.3.3)$$

Vale a pena ressaltar que, se a política de cobrança pelo uso de água para geração de energia elétrica fosse fundamentada exclusivamente na função de demanda por água, então o preço a ser cobrado na bacia do Alto Paraguaçu seria de  $\text{US\$}1,04 \times 10^{-3}$  por  $\text{m}^3$  de água. Este valor é obtido ao substituir-se o volume de água a ser captado por qualquer uma das duas PCH's da sub-bacia do rio Paraguaçu na equação (4.1.3.3). No entanto, como ficou demonstrado na Seção 3.4, a política de preços ótimos pelo uso de água de mananciais vai mais além, ao tratar a questão sob o prisma do equilíbrio geral e, portanto, requer o conhecimento prévio de todas as elasticidades preço da demanda por classe de uso, bem como do respectivo custo marginal de gerenciamento desta bacia.

A elasticidade preço da demanda por água para geração de energia elétrica na bacia do Alto Paraguaçu, quando avaliada no ponto de captação projetado de  $2,16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ , é de -0,29; valor este que pode ser considerado como uma boa estimativa para a determinação do sistema de preços ótimos pelo uso da água.

#### 4.1.4 POLUIÇÃO POR REJEITOS DE MINERAÇÃO

Além da poluição proveniente dos esgotamentos urbanos sem tratamento, a principal fonte de poluição dos corpos d'água da bacia do Itapicuru é advinda da exploração mineral, principalmente a de cromo, cujas reservas estão localizadas nas regiões do Alto e Médio Superior Itapicuru. A mineração de cromo é responsável por processos erosivos, e conseqüente assoreamento da calha dos rios, bem como pela disposição inadequada de rejeitos, que são lixiviados para os corpos d'água, além é claro da geração de efluentes líquidos, os quais são descartados no meio ambiente sem tratamento adequado.

O cromo é sem sombra de dúvida o recurso mineral mais importante na bacia do Itapicuru, principalmente pela grande expressão de suas jazidas, as quais são reponsáveis por 90% da produção brasileira. A média anual de produção do Estado no biênio 94-95 foi de 199.804 toneladas de cromo concentrado e 43.557 toneladas de ferro-cromo.



A tecnologia utilizada pelas mineradoras da região para produção de minério de cromo é composta de um reservatório d'água, com capacidade para armazenar até 3 milhões de metros cúbicos de água, que serve para desagregar o material e lavar o minério. O processo de separação do minério de cromo é possível devido à grande diferença de densidade da "lama" e do referido mineral. O minério tratado apresenta 8% de água na sua composição e uma relação minério/rejeito de 1:1.

Segundo informações da Superintendência de Geologia Mineral (SGM), o requerimento técnico de água para produção de cromo é de 2 metros cúbicos por tonelada. Assim, com base na produção anual de 243.361 toneladas, obtém-se o consumo total de água na mineração de cromo da bacia do Itapicuru, que é de  $4,87 \times 10^5$  m<sup>3</sup>/ano. Entretanto, parte da água consumida é reutilizada no processo de lavagem e relavagem do minério. Por falta de informação da SGM a esse respeito, recorreu-se a informações do Departamento de Comércio dos Estados Unidos da América. Com base nos dados americanos de 1987 (FREDERIKSEN, 1987), dos  $4,87 \times 10^5$  m<sup>3</sup> de água consumidos anualmente por empresa na mineração de metais, a reutilização de água no processo de produção corresponde a 76,5%; enquanto que a captação d'água é apenas 23,5% do total da água consumida.

Tomando-se como referência os percentuais americanos e o consumo anual de água de  $4,87 \times 10^5$  m<sup>3</sup>, obtido anteriormente, estima-se que a captação d'água para mineração de cromo na bacia do Itapicuru é da ordem de  $1,15 \times 10^5$  m<sup>3</sup>/ano, enquanto que a água reutilizada no processo produtivo corresponde a  $3,72 \times 10^5$  m<sup>3</sup>/ano. Ademais, os despejos de mineração na referida bacia representam  $8,63 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/ano.

Segundo informações de mineradoras, a concentração de cromo nos rejeitos de mineração é de aproximadamente 10 mg/l. Observando-se o enquadramento da bacia do Itapicuru na classe 2, este valor está acima da concentração máxima permitida pela legislação vigente no País, que é de 0,5 mg/l para o cromo trivalente (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)\*

O custo de produção do cromo, com a tecnologia atualmente adotada pelas mineradoras baianas, é da ordem de US\$47,21 por tonelada, o qual inclui

o custo de extração do minério, imposto, frete rodoviário até a estação férrea, transporte ferroviário e as despesas com carregamento.

Com base nos custos de tecnologias alternativas de produção do minério de cromo, os quais reduzem a concentração de cromo nos despejos de mineração (veja-se TABELA 4.1.4), pode-se quantificar o diferencial de custo que tais mineradoras teriam que dispende a mais para enquadrar os seus despejos a níveis mais aceitáveis de emissão desse poluente. A tecnologia alternativa 01 é composta de 03 lagoas de estabilização em série, à jusante, a qual reduz em 90% os metais pesados em suspensão, e tem um custo anual total de US\$8.165,99, por unidade construída. Por outro lado, a tecnologia alternativa 02 é semelhante à alternativa 01, mas o lançamento é feito em esgotos, os quais serão recalçados por estações elevatórias, e os "finos" da mineração são recuperados em calhas e decantadores especiais, e posteriormente conduzidos a um interceptor até o lançamento final no curso d'água. Esta alternativa reduz a concentração do cromo em 95%, deixando-o dentro do padrão de qualidade permitido pela legislação brasileira e tem um custo anual de US\$13.817,76 por unidade instalada.

TABELA 4.1.4: Custos de Tecnologias Alternativas de Despoluição (US\$/ano)

Discriminação	Tecnologia Alternativa 01	Tecnologia Alternativa 02
Amortização Investimento	5.351,26	10.094,05
Operação e Manutenção	2.814,73	3.723,71
Total	8.165,99	13.817,76
Custo Médio (US\$/ton.)	$3,36 \times 10^{-2}$	$5,68 \times 10^{-2}$

FONTE: Relatório de Proteção ao Meio Ambiente, Secretaria da Indústria e Comércio do Estado da Bahia, 1983.

Na avaliação do custo de produção para as tecnologias alternativas, considera-se a necessidade da construção de três sistemas iguais ao descrito acima, um para cada unidade produtora, como forma de atender ao fluxo de rejeitos da atividade mineradora da região. Assim, o custo total anual com esses três sistemas de tratamento de rejeitos é de US\$24.497,97 para a alternativa 01, e US\$41.453,28 para a alternativa 02. Isso significa que o custo médio de produção para cada alternativa será acrescido de US\$0,10 e US\$0,17 por tonelada de cromo produzida, respectivamente.

A TABELA 4.1.5 compara o custo de produção utilizando-se a tecnologia atual de mineração do cromo com as tecnologias alternativas, e serve de

\* CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 20 de 18 jun. 1986.

referencial para o cálculo do preço de reserva (isto é, o máximo valor que as empresas mineradoras estariam dispostas a pagar para continuarem lançando seus rejeitos com uma dada concentração de

O segundo ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" é obtido através da simulação de um padrão alternativo de qualidade (para a concentração de cromo nos rejeitos de mineração). Nessa simulação, supõe-se que a produção de cromo se dá com

uma tecnologia alternativa, a qual reduz a concentração de cromo nos despejos para 90% do nível atual (alternativa 01). Quando comparada com a alternativa 02, a alternativa 01, é mais barata, e conseqüentemente gera uma produção normalizada menor, indicativo de níveis mais altos de poluição. Assim, substituindo-se os valores que constam na segunda linha da TABELA 4.1.5 na equação (2.7.4),

obtem-se o preço de reserva com esse padrão de qualidade ambiental mais baixo:

$$p_p^* = (24.497,97) / 243.361 \times 0,90 = 1,12 \times 10^{-1} \text{ (US$/ton.)}$$

A interpretação do preço  $p_p^*$ , de US\$ 0,11 por tonelada, é análoga ao preço de reserva  $p_p$ , e representa o máximo valor que as mineradoras estariam dispostas a pagar por tonelada de cromo, e estarem indiferentes entre continua a produzir o referido minério com a tecnologia atual (e portanto, continua lançando seu rejeito nas concentrações atuais) ou produzirem com uma tecnologia alternativa mais cara, que reduz a concentração atual de cromo nos seus despejos em 90%. O segundo ponto da função de demanda "Tudo ou Nada" é então obtido, e cujas coordenadas são (219.025; 0,112).

Ajustando-se uma reta aos pontos assim determinados, obtém-se a função de demanda "Tudo ou Nada" por poluição (ou função de oferta de despoluição) dos rejeitos de mineração de cromo na bacia do Itapicuru, a qual é especificada por:

$$p_p^* = -1,112 + 5,59 \times 10^{-6} x^* \quad (4.1.4.1)$$

É importante observar que a função de demanda de um *desbem*, como é o caso da poluição causada pelos rejeitos de mineração, é positivamente inclinada, indicando a necessidade de um gasto adicional para a sua eliminação ou redução. A curva de demanda por poluição pode ser alternativamente interpretada como uma curva de oferta de despoluição.

TABELA 4.1.5: Tecnologias Alternativas de Produção do Minério de Cromo

Discriminação	Custo de Produção (US\$/tn.)	Diferencial de Custo ( $c_p - c$ ) (US\$/ano)	Concentração de Referência ( $k_p$ ) (mg/l)	Fator de Redução (K) (%)	Produção de Cromo Normalizada $x^* = Kx$ (tn/ano)
Tecnol. Atual	47,21	----	10,0	---	---
Alternativa 01	47,31	24.497,97	1,0	90,0	219.025
Alternativa 02	47,38	41.453,28	0,5	95,5	231.193

FONTE: Relatório de Proteção Ambiental da Secretaria da Indústria e Comércio, SGM

\* Concentração máxima permitida pela legislação brasileira

poluentes).

O preço de reserva que as mineradoras da bacia do Itapicuru estariam dispostas a pagar por tonelada de cromo produzida e estarem indiferentes entre continuar a produzir com a tecnologia atual, lançando seus despejos com concentrações de cromo superior ao nível permitido pela legislação vigente, ou ser forçadas a introduzir uma tecnologia mais cara que reduz as suas concentrações de cromo em 95% (alternativa 02), é obtido substituindo-se os valores de  $x^*$  e  $(c_p - c)$ , que constam na terceira linha da TABELA 4.1.5, na equação (2.7.4):

$$p_p = (41.453,28) / 243.361 \times 0,95 = 0,18 \text{ (US$/ton.)}$$

Isso significa que US\$ 0,18 é o máximo valor que se poderia cobrar, por tonelada de cromo produzida, das mineradoras da região, de modo a deixá-las indiferentes entre produzir com a tecnologia atual ou induzi-las a introduzir uma tecnologia alternativa que reduz a concentração de cromo de seus despejos para 0,5 mg/l.

Portanto, o primeiro ponto na função de demanda "Tudo ou Nada" fica assim determinado, cujas coordenadas são (231.193; 0,18), onde o primeiro elemento do par ordenado é a produção normalizada  $x^* = Kx$  (isto é, produção equivalente ao padrão de qualidade permitido pela legislação vigente no País).

\* Onde  $K = (k_p - k_p^*) / k_p$  é o fator de redução da concentração de cromo nos rejeitos de mineração.

Avaliando-se o custo para a sociedade,  $p_p^*x^*$ , quando  $x^*$  é disponível ao preço  $p_p^*$ , e diferenciando-a com relação a  $x^*$ , obtém-se a função de demanda ordinária (ou Marshalliana) por poluição (ou oferta de despoluição), cuja equação é expressa por:

$$p_p = -1,112 + 1,118 \times 10^{-5} x^* \quad (4.1.4.2)$$

O preço de demanda por poluição (ou preço de oferta de despoluição) por tonelada de cromo produzida, dentro dos padrões de qualidade vigentes no País é da ordem de US\$1,47 por tonelada, cujo valor é obtido substituindo-se o volume de produção atual normalizada na função de demanda ordinária. É interessante observar que este preço é maior que o preço de reserva, visto que a poluição causada pelos rejeitos de mineração é um desberr. A elasticidade preço da demanda por poluição (ou elasticidade preço da oferta de despoluição), definida por  $e_p = (dx^*/dp_p)(p_p/x^*)$ , avaliada no nível de produção atual normalizada, é de 0,57, valor este que pode ser considerado como uma estimativa razoável para a determinação da política de preços ótimos pelo uso da água.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS

### 4.2.1 Custo Operacional Médio

O custo operacional médio da bacia (unidade marginal) é o primeiro componente do custo marginal de gerenciamento dos recursos hídricos, o qual é obtido a partir dos custos operacionais e de manutenção da bacia em questão. As estimativas do custo anual de operação e manutenção das unidades marginais em questão foram de US\$ 71.581 (para a bacia do Alto Paraguaçu) e US\$ 73.072 (para a bacia do Itapicuru), as quais foram obtidas com base em estimativas de implantação e funcionamento das suas respectivas Regiões Administrativas da Água (RAA).

Para cálculo do custo médio, toma-se por base o volume anual de água demandado em cada bacia hidrográfica nos vários usos, que é da ordem de  $2,832 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/ano (para a bacia do Alto Paraguaçu) e  $1,48 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/ano (para a bacia do Itapicuru). Dividindo-se o custo operacional anual de cada bacia em questão pelos respectivos

consumos de água, obtém-se o custo operacional médio, CMe, o qual é da ordem de US\$  $2,52 \times 10^{-4}$  por m<sup>3</sup> de água bruta na bacia do Alto Paraguaçu e US\$  $4,94 \times 10^{-4}$  por m<sup>3</sup> de água bruta na bacia do Itapicuru.

### 4.2.2 Custo Marginal de Racionamento

A estimativa do custo marginal de racionamento para a bacia do Alto Paraguaçu é feita com base na curva de demanda por água para irrigação (demanda mais sacrificada no racionamento) e para geração de energia elétrica (demanda também reduzida durante o racionamento), uma vez que o abastecimento tem prioridade sobre o uso da água. Por outro lado, a estimativa do custo marginal de racionamento para a bacia do Itapicuru é feita exclusivamente com base na curva de demanda por água para irrigação, visto que o consumo de água para abastecimento não pode ser racionado.

Tomando-se a vazão  $Q_{95}$  (vazão crítica) da bacia do Alto Paraguaçu de 2,4 m<sup>3</sup>/s (com base na Curva de Permanência – Estação de Mucugê), observa-se que o sistema apresenta um balanço hídrico negativo de -6,6 m<sup>3</sup>/s, uma vez que a demanda total de água do sistema é de 9,0 m<sup>3</sup>/s. Por conseguinte, esse balanço hídrico negativo, implica em racionamento de  $x^0 = 6,6$  m<sup>3</sup>/s de água para irrigação e geração de energia elétrica.

Tendo em vista que a quantidade de água demandada para irrigação na bacia do Alto Paraguaçu (2,4 m<sup>3</sup>/s), é menor que a quantidade d'água a ser racionada (6,6 m<sup>3</sup>/s), então teria que haver, no período mais seco do ano, racionamento total de água para irrigação da ordem de  $x_i^0 = 2,4$  m<sup>3</sup>/s. Ademais, nesse mesmo período crítico, teria que haver também racionamento de água para geração de energia elétrica de  $x_e^0 = 6,6 - 2,4 = 4,2$  m<sup>3</sup>/s.

Finalmente, substituindo-se a quantidade d'água efetivamente consumida no racionamento, para cada classe de uso,  $x_i - x_i^0$  e  $x_e - x_e^0$ , nas suas respectivas funções de demanda ordinária por água (avali-

TABELA 4.2.2.1: Custo Marginal de Racionamento - Bacia do Alto Paraguaçu

Classe de Uso	Demanda de Água ( $x_i$ ) (m <sup>3</sup> /s)	Racionamento de Água ( $x_i^0$ ) (m <sup>3</sup> /s)	Consumo no Racionamento ( $x_i - x_i^0$ ) (m <sup>3</sup> /h)	Custo Marginal Racionamento [ $C_i(x_i^0)$ ] US\$/m <sup>3</sup>
Irrigação	2,4	2,4	0,0	$1,55 \times 10^{-2}$
Abastecimento	0,6	0,0	$2,09 \times 10^3$	0,0
Geração de E.E.	6,0	4,2	$6,48 \times 10^3$	$3,23 \times 10^{-3}$
Total	9,0	6,6	$8,57 \times 10^3$	$4,78 \times 10^{-3}$

adas na seção anterior), obtém-se o custo marginal de racionamento por classe de uso.

A TABELA 4.2.2.1 sumariza o procedimento para cálculo do custo marginal de racionamento para a bacia do Alto Paraguaçu,  $C(x^0) = C_i(x_i^0) + C_e(X_e^0) = 1,55 \times 10^{-2} + 3,23 \times 10^{-3}$ , o qual é a soma dos custos individuais, cujo valor é da ordem de US\$  $4,78 \times 10^{-3}$  por  $m^3$  de água desse manancial.

No que se refere à bacia do Itapicuru, com exceção da região baixa, as vazões  $Q_{95}$  das outras regiões dessa bacia são caracteristicamente menores que as demandas necessárias para irrigação e abastecimento. Isso significa que, nos períodos mais secos do ano, essas regiões apresentam um balanço hídrico negativo. Assim, com base na demanda total de água da bacia do Itapicuru, a qual é na ordem de  $4,679 \text{ m}^3/\text{s}$ , e tomando-se como referência a média das vazões  $Q_{95}$  nas várias regiões dessa bacia, a qual está em torno de  $2,09 \text{ m}^3/\text{s}$ , avalia-se que o sistema apresenta um balanço hídrico negativo de  $-2,589 \text{ m}^3/\text{s}$ . Isso significa que, nos períodos mais secos do ano, terá que haver, necessariamente, racionamento no consumo de água para irrigação de  $x^0 = 2,589 \text{ m}^3/\text{s}$ , visto que a captação d'água para abastecimento tem prioridade sobre os demais usos da água desse manancial.

A quantidade de água efetivamente utilizada para irrigação nos períodos mais secos do ano na bacia do Itapicuru é de  $2,32 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$  (o qual foi obtido através da diferença entre o consumo de água demandado,  $x_i = 3,323 \text{ m}^3/\text{s}$ , e o volume d'água racionado,  $x^0 = 2,589 \text{ m}^3/\text{s}$ ). O custo marginal de racionamento para a bacia do Itapicuru é obtido substituindo-se o consumo de água para irrigação no racionamento na função de demanda por água para irrigação. Assim, procedendo-se dessa forma, chega-se ao custo marginal de racionamento de  $C(x^0) = \text{US\$ } 2,73 \times 10^{-3}$  por  $m^3$  de água captado desse manancial\*. A TABELA 4.2.2.2 contém o demonstrativo do custo marginal de racionamento para a bacia do Itapicuru.

TABELA 4.2.2.2: Custo Marginal de Racionamento na Bacia do Itapicuru

Classe de Uso	Demanda de Água ( $x_i$ ) ( $m^3/s$ )	Racionamento de Água ( $x_i^0$ ) ( $m^3/s$ )	Consumo no Racionamento ( $x_i - x_i^0$ ) ( $m^3/h$ )	Custo Marginal Racionamento [ $C_i(x_i^0)$ ] (US\$/ $m^3$ )
Irrigação	3,323	$8,17 \times 10^7$	$2,32 \times 10^7$	$2,73 \times 10^{-3}$
Abastecimento	1,356	0,0	$4,28 \times 10^7$	0,0
				$2,73 \times 10^{-3}$

\* Embora a poluição associada com os despejos de mineração não tenha sido considerada na avaliação do custo marginal de racionamento, é importante ressaltar que, nos períodos mais secos do ano, é eminente os riscos de racionamento dos despejos de poluentes de mineração nos mananciais do Itapicuru, como forma de não comprometer a qualidade das águas.

## 4.2.3 Custo Marginal de Gerenciamento

O custo marginal de gerenciamento para as bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru é obtido com base no custo operacional médio e no custo marginal de racionamento. Assim, substituindo-se os valores obtidos nas Seções 4.2.1 e 4.2.2 na Equação (3.5.1), obtém-se:

$$CMg^* = 0,95 \times 2,52 \times 10^{-4} + 0,05 \times 4,78 \times 10^{-3} = 4,78 \times 10^{-4} \text{ [US$/m}^3\text{]}, \text{ para o Alto Paraguaçu}$$

$$e \quad CMg^* = 0,90 \times 4,94 \times 10^{-4} + 0,10 \times 2,73 \times 10^{-3} = 7,20 \times 10^{-4} \text{ [US$/m}^3\text{]}, \text{ para o Itapicuru}$$

Onde a probabilidade de racionamento d'água,  $r$ , foi estimada em torno de 5% (para a bacia do Alto Paraguaçu) e 10% (para a bacia do Itapicuru). Portanto, o custo marginal de gerenciamento para as referidas bacias são de US\$  $4,78 \times 10^{-4}$  (para a bacia do Alto Paraguaçu) e US\$  $7,20 \times 10^{-4}$  (para a bacia do Itapicuru) por  $m^3$  de água captado, os quais serão de fundamental importância para a determinação da política de preços ótimos pelo uso e poluição da água.

## 4.2.4 Custo Total

Os investimentos programados para as bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru são respectivamente da ordem de US\$ 94,12 e US\$ 110,27 milhões de dólares, os quais foram extraídos das informações contidas no Plano Diretor de Recursos Hídricos para as referidas bacias. Com base no valor total desses investimentos,  $P$ , avalia-se o valor da amortização do investimento,  $R$ , através da expressão  $R = P / \{ [1 - (1+i)^{-n}] / i \}$ . Admitindo-se que o investimento será amortizado em um período de  $n=50$  anos e utilizando-se a taxa social de desconto,  $i$ , a qual foi estimada em 6% a.a.\*\* , obtém-se os seguintes valores para a amortização do investimento:  $R = \text{US\$ } 5.971.313,79$  (para a bacia do Alto Paraguaçu) e  $R = \text{US\$ } 9.014.111,68$  (para a bacia do Itapicuru).

A TABELA 4.2.4.1 mostra o custo total do órgão gestor de recursos hídricos com as bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru, o qual contempla os custos de ope-

\*\* Para maiores detalhes sobre a avaliação da taxa social de desconto veja-se CARRERA-FERNANDEZ (1993).

ração, manutenção e a amortização dos investimentos necessários à oferta d'água.

Com os investimentos programados para a bacia do Alto Paraguaçu, estima-se que a área irrigada seja ampliada para 11.800 ha, com uma vazão regularizada de  $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que significa uma demanda d'água de  $2,05 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Estima-se ainda que a quantidade de água demandada para a geração de 27,7 mW de energia elétrica, nas três PCH's, é da ordem de  $8,58 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Ademais, com base na taxa de crescimento anual da população da região de 2%, estima-se que, em 1997, a demanda d'água para abastecimento seja em torno de  $1,98 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ . O Quadro 4.2.4.2 mostra a demanda de água por classe de uso, antes e depois dos investimentos programados para a bacia do Alto Paraguaçu.

TABELA 4.2.4.1: Custo Anual Total - Bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru

Discriminação	Custo Total (US\$ 1.000,00)	
	Alto Paraguaçu	Itapicuru
Potencial hídrico	154,07	154,07
Operação e manutenção	228,25	228,25
Amortização de investimentos	5.971,31	6.996,26
Total	6.357,63	7.378,58

FONTE: SEPLANTEC, SRH, Planos Diretores de Recursos Hídricos e cálculos no texto.

No que se refere à bacia do Itapicuru, estima-se que, com os investimentos programados, a área irrigada (prevista nos projetos em andamento e nos projetos propostos), seja incrementada para 17.983 ha, com uma vazão regularizada de  $23,38 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que significa uma demanda d'água de  $7,37 \times 10^8$

TABELA 4.2.4.2: Demanda Por Água Antes e Depois dos Investimentos Programados nas Bacias do Alto Paraguaçu e Itapicuru ( $\text{m}^3/\text{ano}$ )

Classe de Uso*	Alto Paraguaçu		Itapicuru	
	Antes	Depois	Antes	Depois
Irrigação	7,57x10 <sup>7</sup>	2,05x10 <sup>8</sup>	2,91x10 <sup>7</sup>	6,37x10 <sup>8</sup>
Abastecimento	1,83x10 <sup>7</sup>	1,98x10 <sup>7</sup>	4,28x10 <sup>7</sup>	6,64x10 <sup>7</sup>
Geração de E. E.	1,89x10 <sup>8</sup>	8,58x10 <sup>8</sup>	---	---
Total	2,83x10 <sup>8</sup>	1,083x10 <sup>9</sup>	7,19x10 <sup>7</sup>	8,04x10 <sup>8</sup>

\* A demanda de água para mineração é desprezível, quando comparada com os outros usos da água.

\* Os custos de operação e manutenção foram elaborados com base no rateio (por bacia) da previsão orçamentária da SRH para o ano de 1996.

$\text{m}^3/\text{ano}$ . Ademais, com base no Plano Diretor de Recursos Hídricos para a região do Itapicuru, estima-se que, em 1997, a demanda por água para abastecimento (urbano e rural) seja em torno de  $6,64 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ . A TABELA 4.2.4.2 mostra a demanda d'água por classe de uso, antes (atual) e depois dos investimentos programados para a bacia do Itapicuru.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DOS PREÇOS ÓTIMOS PELO USO E POLUIÇÃO DA ÁGUA

A política de preços ótimos pelo uso e poluição da água, desenvolvida neste estudo e sumarizada na Equação (3.4.3''), é fundamentada, de um lado, no custo marginal de gerenciamento dos recursos hídricos, e do outro, nas elasticidades preço de demanda por água das várias classes de usos. Ademais, tal política impõe ao órgão gestor dos recursos hídricos uma restrição orçamentária (Equação 3.4.2), no sentido de não haver perdas ou ganhos financeiros nessa atividade. Isto é, condiciona o órgão gestor a cobrir todos os seus custos na atividade de gerenciamento destas bacias.

##### 4.3.1 Bacia do Alto Paraguaçu

Os preços ótimos pelo uso da água na bacia do Alto Paraguaçu são obtidos a partir da solução do seguinte sistema de equações:

$$p^*_j = (CMg_p |e_j|) / (|e_j| - \alpha) \text{ para todo } j=i, a, e \quad (4.3.1.1) - (4.3.1.3)$$

$$p^*_i x_i + p^*_a x_a + p^*_e x_e - C_p = 0 \quad (4.3.1.4)$$

Onde  $p^*_i$ ,  $p^*_a$  e  $p^*_e$  são os preços ótimos pelo uso da água na bacia do Alto Paraguaçu para irrigação, abastecimento e geração de energia elétrica, respectivamente, a serem determinados;  $x_i$ ,  $x_a$  e  $x_e$  são as respectivas quantidades demandadas de água após os investimento necessários à oferta d'água nessa bacia;  $CMg_p$  é o custo marginal de gerenciamento;  $|e_j|$  é a elasticidade preço da demanda por água no uso  $j = i, a, e$ , em valor absoluto;  $\alpha$  é uma constante de proporcionalidade que reflete a diferença relativa entre benefícios e custos marginais, a ser determinada; e  $C_p$  é o custo total do órgão gestor no gerenciamento dessa bacia.

É importante lembrar que, para minimizar as distorções na alocação da água entre os vários usuários, a política de preços ótimos, Equações (4.3.1.1) - (4.3.1.3), estabelece que a diferença de preço no uso  $j$  em relação ao custo marginal, em termos percentuais, é inversamente proporcional à sua elasticidade preço de demanda. Deve-se ainda ressaltar que a Equação (4.3.1.4) é a condição de restrição que descarta a possibilidade de perdas ou ganhos financeiros no gerenciamento da bacia do Alto Paraguaçu.

Substituindo-se nas Equações (4.3.1.1) - (4.3.1.4) os valores obtidos anteriormente das elasticidades preço da demanda por água no uso  $j$ , do custo marginal de gerenciamento da bacia, das quantidades de água demandadas nos vários usos, após os investimentos programados, e do custo total de gerenciamento da bacia em questão, resulta:

$$\begin{aligned} p^*_1 &= 2,8 \times 10^{-4} / (0,39 - \alpha) & (4.3.1.1') \\ p^*_2 &= 3,0 \times 10^{-5} / (0,04 - \alpha) & (4.3.1.2') \\ p^*_3 &= 2,1 \times 10^{-4} / (0,29 - \alpha) & (4.3.1.3') \\ 2,05 \times 10^5 p^*_1 + 1,98 \times 10^7 p^*_2 + 8,58 \times 10^8 p^*_3 - 6.357.630 &= 0 & (4.3.1.4') \end{aligned}$$

As Equações (4.3.1.1') - (4.3.1.4') formam um sistema de quatro equações e quatro incógnitas ( $p^*_1$ ,  $p^*_2$ ,  $p^*_3$ , e  $\alpha$ ), cuja solução é única e gera os preços ótimos pelo uso da água. Uma forma simples de resolver esse sistema é substituindo-se as três primeiras equações na equação de restrição (4.3.1.4'), a qual resulta a seguinte equação do terceiro grau em  $\alpha$ :

$$\begin{aligned} &57.400 \quad 594 \quad 180.180 \\ &\text{-----} + \text{-----} + \text{-----} - 6.357.630 = 0 \\ (4.3.1.5) \quad &0,39 - \alpha \quad 0,04 - \alpha \quad 0,29 - \alpha \end{aligned}$$

Cujas raízes são:  $\alpha_1 = 0,38299$ ,  $\alpha_2 = 0,25971$  e  $\alpha_3 = 0,0398915$ .

Os preços ótimos são obtidos selecionando-se a menor dessas raízes, pois esta é a única que gera solução com todos os preços positivos. Assim, substituindo-se a menor dessas raízes,  $\alpha_3 = 0,0398915$ , nas Equações (4.3.1.1') - (4.3.1.3'), obtém-se os seguintes preços ótimos pelo uso da água para irrigação, abastecimento e geração de energia elétrica na bacia do Alto Paraguaçu, respectivamente:

$$p^*_1 = 8,00 \times 10^{-4} \quad (\text{US\$}/\text{m}^3)$$

$$\begin{aligned} p^*_2 &= 2,76 \times 10^{-1} \quad (\text{US\$}/\text{m}^3) \\ p^*_3 &= 8,40 \times 10^{-4} \quad (\text{US\$}/\text{m}^3) \end{aligned}$$

A TABELA 4.3.1 confronta os preços ótimos obtidos acima com outros parâmetros obtidos anteriormente, possibilitando assim uma análise comparativa. É interessante observar que todos os preços ótimos se situam abaixo dos seus respectivos preços de reserva. Convém lembrar que o preço de reserva indica o máximo valor que os usuários estariam dispostos a pagar pela água desse manancial e ficar indiferentes entre continuar a captar água desse manancial ou buscar uma captação ou solução alternativa. Isso significa que a implementação da

TABELA 4.3.1: Preços Para a Bacia do Alto Paraguaçu (US\$/m<sup>3</sup>)

Usos da Água	Preço de Demanda	Preço de Reserva	Preço Ótimo
Irrigação	$4,37 \times 10^{-3}$	$9,89 \times 10^{-3}$	$8,00 \times 10^{-4}$
Abastecimento	$2,50 \times 10^{-2}$	$3,74 \times 10^{-1}$	$2,76 \times 10^{-1}$
Geração de E. E.	$1,04 \times 10^{-3}$	$2,85 \times 10^{-3}$	$8,40 \times 10^{-4}$

cobrança pelo uso da água é viável para todos os usos na referida bacia hidrográfica\*.

Quando comparado com os preços praticados em outros países, observa-se que o preço ótimo pelo uso da água para irrigação, de US\$ 0,80 por 1000m<sup>3</sup>, na bacia do Alto Paraguaçu é significativamente mais baixo. Isto significa que os impactos sobre os custos dos irrigantes são facilmente absorvidos, com pequenos efeitos sobre a atividade agrícola dessa região.

Tomando-se como base a tarifa média de água do Estado da Bahia, a qual é da ordem de US\$0,64/m<sup>3</sup>, pode-se também avaliar o impacto sobre o gasto dos usuários de água tratada. A cobrança de US\$0,28/m<sup>3</sup> pelo uso de água bruta desse manancial para abastecimento, representa um aumento de 44% na tarifa de água desses usuários, o que significa um impacto relativamente significativo no gasto desses consumidores, principalmente porque a atual estrutura tarifária brasileira de abastecimento d'água é relativamente baixa, quando comparada com as tarifas praticadas em outros países. Entretanto, se a atual estrutura tarifária brasileira

\* Com exceção do preço ótimo pelo uso da água para abastecimento, todos os outros preços ótimos são menores que os correspondentes preços de demanda, indicando, assim, que existe um subsídio cruzado dos consumidores de água no abastecimento para os outros usuários do sistema. Entretanto, é exatamente essa transferência de renda entre grupos de usuários que minimiza as distorções na utilização da água desse manancial e maximiza o benefício social líquido da comunidade.

ra refletisse o custo real da água, o impacto certamente seria menor.

O pagamento pelo uso da água para geração de energia elétrica, por sua vez, representa um aumento significativo no custo anual de produção de US\$720.407,00. Entretanto, esse aumento de custo se encaixa perfeitamente dentro da capacidade de pagamento das PCH's da região, visto que o preço ótimo obtido para este uso é menor que o preço de reserva da utilização de água para geração de energia elétrica.

Vale a pena ressaltar que o volume anual de recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água para irrigação, abastecimento e geração de energia elétrica na bacia do Alto Paraguaçu é da ordem de US\$6.360.000,00, e representa cerca de 30% da receita anual do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) com a chamada compensação financeira pelo setor elétrico nos barramentos para geração de energia elétrica, com potência instalada mínima de 30 mW.

### 4.3.2 Bacia do Itapicuru

Os preços ótimos pelo uso da água na bacia do Itapicuru são obtidos a partir da solução do seguinte sistema de equações:

$$p^*_j = (CMg_j | e_j |) / (| e_j | - \alpha) \text{ para todo } j=i, a, p \quad (4.3.2.1) - (4.3.2.3)$$

$$p^*_i x_i + p^*_a x_a + p^*_p x^* - C_1 = 0 \quad (4.3.2.4)$$

Onde  $C_1$  é o custo total do órgão gestor no gerenciamento da bacia do rio Itapicuru;  $p^*_p$  é o preço ótimo da poluição causada pelos rejeitos de mineração da referida bacia hidrográfica;  $CMg_j$  é o custo marginal de gerenciamento da bacia do Itapicuru;  $x^*$  é a quantidade anual de cromo produzida pelas mineradoras locais, normalizada para o padrão de qualidade vigente (0,5 mg/l); e as demais variáveis têm a mesma conotação.

Substituindo-se os respectivos valores das variáveis, obtidos anteriormente, nas Equações (4.3.2.1) - (4.3.2.4), obtém-se o seguinte sistema de quatro equações e quatro incógnitas ( $p^*_i$ ,  $p^*_a$ ,  $p^*_p$ , e  $\alpha$ ), cuja solução é única e gera os preços ótimos pelo uso da água para irrigação, abastecimento e

poluição causada pelos rejeitos de mineração na bacia do Itapicuru:

$$p^*_i = 2,77 \times 10^{-4} / (0,58 - \alpha) \quad (4.3.2.1')$$

$$p^*_a = 4,73 \times 10^{-4} / (0,99 - \alpha) \quad (4.3.2.2')$$

$$p^*_p = 2,73 \times 10^{-4} / (0,57 - \alpha) \quad (4.3.2.3')$$

$$7,37 \times 10^8 p^*_i + 6,64 \times 10^7 p^*_a + 231.193 p^*_p - 7.378.580 = 0 \quad (4.3.2.4')$$

Uma forma simples de resolver esse sistema é substituir as equações (4.3.2.1') - (4.3.2.3') na equação de restrição (4.3.2.4'), resultando em uma equação do terceiro grau em  $\alpha$ , especificada a seguir:

$$\frac{2,04 \times 10^5}{0,58 - \alpha} + \frac{3,14 \times 10^4}{0,99 - \alpha} + \frac{63,12}{0,57 - \alpha} - 7.378.580 = 0 \quad (4.3.2.5)$$

Cujas são:  $\alpha_1=0,552067$ ;  $\alpha_2=0,986015$  e  $\alpha_3=0,5700149$ . Descartando-se as duas maiores,  $\alpha_2$  e  $\alpha_3$ , pois elas geram soluções com pelo menos um dos preços negativo (i.e., soluções sem relevância econômica), e considerando-se apenas a menor delas,  $\alpha_1=0,552067$ , obtém-se os respectivos preços ótimos pelo uso da água para irrigação, abastecimento e poluição na bacia do Itapicuru:

$$p^*_i = 9,9 \times 10^{-3} \text{ (US$/m}^3\text{)}$$

$$p^*_a = 1,08 \times 10^{-3} \text{ (US$/m}^3\text{)}$$

$$p^*_p = 1,52 \times 10^{-2} \text{ (US$/ton.)}$$

A TABELA 4.3.2 confronta esses preços ótimos com os respectivos preços de demanda e preços de reserva, em cada uso, para a bacia do Itapicuru. É interessante observar que os preços ótimos pelo uso da água para abastecimento e poluição, situam-se abaixo dos seus respectivos preços de reserva e, portanto, encaixam-se perfeitamente dentro da capacidade de pagamento desses usuários. Entretanto, o preço ótimo pelo uso da água para irrigação nesse manancial é maior que o seu preço de reserva, indicando que a implementação da cobran-

TABELA 4.3.2: Preços para a Bacia do Itapicuru (US\$/m<sup>3</sup>)

Usos da Água	Preço de Demanda	Preço de Reserva	Preço Ótimo
Irrigação	$1,16 \times 10^{-3}$	$2,17 \times 10^{-3}$	$9,91 \times 10^{-3}$
Abastecimento	$3,60 \times 10^{-1}$	$5,40 \times 10^{-1}$	$1,08 \times 10^{-3}$
Poluição de Mineração*	1,47	$1,80 \times 10^{-1}$	$1,52 \times 10^{-2}$

\*Preços em US\$ por tonelada de cromo produzida.

ça pelo uso da água para irrigação pode tornar-se inviável.

Embora o preço ótimo pelo uso da água para irrigação de US\$9,91/1000 m<sup>3</sup> seja superior ao seu preço de reserva, este preço, quando comparado aos preços praticados em outros países, ainda é significativamente mais baixo. Entretanto, caso implementado, este preço pode causar impactos significativos na estrutura tecnológica de produção agrícola da região, levando alguns produtores a substituir a produção agrícola irrigada pela produção em sequeiro, o que seria um retrocesso para o desenvolvimento econômico da região.

Uma solução para esse problema seria rever o programa de investimentos para a referida bacia, tentando compatibilizá-lo com uma estrutura de preços mais próxima da realidade, isto é, dentro da capacidade de pagamento dos irrigantes. Por exemplo, poderia-se tentar reduzir os investimentos programados para o projeto de aproveitamento da bacia sedimentar de Tucano, os quais somam US\$63 milhões de dólares, e representam mais de 57% dos investimentos totais da referida bacia.

Outra solução alternativa seria o governo subsidiar os irrigantes com parte desse preço. Entretanto, esta solução traz problemas distributivos para a sociedade como um todo, de modo que o subsídio governamental de preço para os irrigantes, é sem sombra de dúvidas uma solução inferior, quando comparada com a opção de rever os investimentos programados para a referida bacia hidrográfica, principalmente com o projeto da bacia sedimentar de Tucano.

Em face ao elevado preço ótimo pelo uso da água para irrigação, *vis-à-vis* o seu preço de reserva, uma questão relevante que poderia ser levantada para a bacia do Itapicuru, seria saber o custo total,  $C_t$ , e a estrutura de preços ótimos compatível com a capacidade hídrica da referida bacia, que geraria um preço ótimo pelo uso da água para irrigação igual ao seu preço de reserva. Essa questão pode ser resolvida impondo-se o preço  $p^*_i = p^*_r = \text{US\$}2,17 \times 10^{-3}$  por metro cúbico de água, ao sistema de equações (4.3.2.1') - (4.3.2.4'), o qual resulta a seguinte estrutura de preços ótimos e custo total:

$$\begin{aligned} p^*_i &= 2,17 \times 10^{-3} & (\text{US\$/m}^3) \\ p^*_a &= 8,80 \times 10^{-4} & (\text{US\$/m}^3) \\ p^*_p &= 2,32 \times 10^{-3} & (\text{US\$/ton.}) \\ C_t &= 1.658.229,00 & (\text{US\$}) \end{aligned}$$

Assim, para obter-se um sistema de preços ótimos compatível com a atual estrutura da bacia do Itapicuru, o custo anual deveria ser de US\$1.658.229,00. É interessante observar que este valor representa apenas 22,5% do custo total programado para a referida bacia, o que comprova que os investimentos propostos pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos para a bacia em questão estão super dimensionados.

O impacto sobre o gasto dos usuários com o abastecimento de água tratada pode ser também considerado, tomando-se como base a mesma tarifa média de abastecimento d'água de US\$0,64 /m<sup>3</sup>. A cobrança de  $\text{US\$}1,08 \times 10^{-3}$  por metro cúbico de água bruta captado desse manancial, representa um aumento de 0,2% na tarifa de água desses usuários, o que representa um impacto insignificante no gasto desses consumidores.

No que se refere à cobrança pela poluição dos mananciais causada pelos rejeitos de mineração, o impacto do preço ótimo de  $\text{US\$}1,52 \times 10^{-2}$  por tonelada de cromo produzida, sobre o custo de extração do cromo na mina, é também muito pequeno e representa um acréscimo de apenas 0,1% nesse custo.

Em face ao baixo preço ótimo pela poluição dos mananciais e ao pequeno impacto sobre o custo das empresas mineradoras de cromo, uma questão relevante para a implementação da cobrança seria saber como ficaria a nova estrutura dos preços ótimos, caso o preço ótimo pela poluição dos mananciais fosse estabelecida igual ao seu preço de reserva.

Esta questão pode ser resolvida impondo-se  $p^*_p = p^*_r = 0,18$ , de modo a obter-se um sistema de duas equações e duas incógnitas, cuja solução economicamente relevante (isto é, com todos os preços positivos) gera a seguinte estrutura de preços ótimos:

$$\begin{aligned} p^*_i &= 9,86 \times 10^{-3} & (\text{US\$/m}^3) \\ p^*_a &= 1,08 \times 10^{-3} & (\text{US\$/m}^3) \\ p^*_p &= 0,18 & (\text{US\$/ton}) \end{aligned}$$

É interessante observar que o impacto desse aumento experimental no preço pela poluição dos rejeitos de mineração é praticamente nulo para os demais usuários do sistema. Isto é, o aumento de preço de  $\text{US\$}1,52 \times 10^{-2}$  para US\$0,18 por tonelada de cromo produzida, praticamente não afeta o preço ótimo pelo uso da água para irrigação, o qual sofre uma pequena redução de  $\text{US\$}9,91 \times 10^{-3}$  para  $\text{US\$}9,86 \times 10^{-3}$  por metro cúbico de água, e não



afeta absolutamente o preço ótimo pelo uso da água para abastecimento. Isso significa que, esse aumento experimental no preço pela poluição dos mananciais, representa uma transferência de renda das mineradoras exclusivamente para os irrigantes da região, que se beneficiam com uma redução, embora pequena, no preço pago pelo uso da água para irrigação.

## 5. IMPLEMENTAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO E POLUIÇÃO DA ÁGUA.

Os preços ótimos pelo uso e poluição da água, determinados na seção anterior, estão associados de um lado, ao custo de oportunidade da água nos seus vários usos, e do outro, na sua disponibilidade, refletida no balanço hídrico da bacia e detectada através dos investimentos necessários para expandir a sua oferta. Portanto, os preços ótimos pelo uso da água variam em função do custo de oportunidade bem como da sua disponibilidade na bacia hidrográfica.

A implementação da cobrança via preços ótimos pelo uso e poluição da água é um instrumento que induz os vários usuários do sistema a usar tal recurso de forma mais eficiente, ao tempo em que incentiva-os a utilizarem a melhor tecnologia e controle disponíveis. Ademais, a cobrança pelo uso da água deve ser necessariamente baseada no volume de água efetivamente consumida, pois a cobrança volumétrica leva, via de regra, a um uso mais eficiente dos recursos hídricos. Sempre que possível deve-se evitar a cobrança baseada no volume de outorga, visto que esta leva, em geral, a um uso ineficiente e em certos casos perdulário.

As diretrizes de implementação da cobrança pelo uso e poluição da água de mananciais, sugeridas neste estudo, estão fundamentadas no fato de que o principal mecanismo de melhorar a alocação de água entre os vários usuários e ao mesmo tempo incrementar a eficiência na sua utilização é o mercado. Por sua vez, a existência de direitos de propriedade, ou pelo menos direitos sobre o uso da água bem definidos é o elemento mais importante desse mecanismo. É através do livre jogo das forças de mercado e a justa definição do direito sobre o uso da água, que os usuários dos recursos hídricos conseguem meios mais eficientes e menos

custosos de alocar a água, ademais de promover a proteção e preservação desses recursos.

Nos Estados Unidos da América e no Chile, os direitos da água são em realidade direitos de propriedade, e portanto, são transferíveis e transacionados como qualquer outro direito de propriedade. O fato de a água, na legislação brasileira, ser considerada como um bem público de uso comum, e portanto, insuscetíveis de direito de propriedade, não impede que se busque a melhor e mais eficiente forma de alocá-la entre os vários usuários do sistema. Esta forma é, sem sombra de dúvidas, a transferência do direito sobre o uso da água, a qual não deveria ser limitada no tempo\*, mas sim estender-se *ad infinito* ou até quando certas circunstâncias, condições e cláusulas contratuais, que por ventura possam existir no contrato de outorga de direito pelo uso da água, sejam unilateralmente quebradas\*\*.

É importante ainda que neste contrato se permita a transferência desses direitos de uso entre os usuários de um mesmo grupo ou de diferentes grupos. Isto significa que, as restrições impostas pela legislação (a impossibilidade do direito de propriedade da água), limitará a mercado a alocar apenas os direitos pelo uso da água. Entretanto, isto não impede que o mercado melhore a alocação dos recursos hídricos e a eficiência no uso desses recursos, além de racionalizar o consumo.

A experiência chilena, tem mostrado que existe um ganho bastante significativo na comercialização dos direitos de propriedade da água (HEARNE & EASTER, 1995). Tais ganhos ocorrem tanto através da comercialização do direito de propriedade da água entre diferentes classes de usos, quanto entre usuários de uma mesma classe. No entanto, para que esses ganhos se realizem, é necessário separar os direitos de uso da água dos direitos da terra, embora estes direitos possam estar associados na alocação inicial.

No que concerne à operacionalidade da cobrança pelo uso e poluição da água de mananciais, sugere-se a criação de *certificados de direito* sobre o

\* Segundo o Código de Águas de 1934, a outorga pode ser concedida por um prazo máximo de até 60 anos, isto é, 30 anos, renovável por igual período.

\*\* O espírito reinante no setor é de que, por motivos de força maior (tais como secas prolongadas ou exaustão de fontes), o poder concedente pode alterar as condições de outorga de direito sobre o uso da água.

uso ou derivação da água por bacia hidrográfica, os quais deverão ser emitidos pelo órgão gestor dos recursos hídricos do Estado, para aqueles mananciais onde a cobrança se justificar, com base na disponibilidade de água e na demanda exercida pelos vários usuários. Tais certificados serão da modalidade de títulos ao portador, portanto transferíveis entre os usuários de um mesmo ou de diferentes grupos — mediante anuência do órgão gestor do sistema — e deverão constar apenas a quantidade de água que o portador terá direito a uso na referida bacia hidrográfica, bem como o critério pelo qual a água é racionada no período de seca.

A definição do direito de propriedade sobre o uso da água é o instrumento mais eficiente de maximizar os benefícios sociais líquidos, à medida em que reduz as incertezas dos usuários nas suas decisões de produção e planejamento de seus investimentos futuros. De certo modo, o mecanismo de mercado, independentemente da distribuição inicial dos direitos sobre o uso da água, se encarrega de alocar os recursos hídricos para aqueles usuários que mais os valorizam, e portanto produzem o máximo benefício social líquido.

O proprietário do certificado de direito sobre o uso da água, independentemente da classe de uso a que ele pertença, estará sempre comparando o valor presente da água nesse uso (a qual lhe é garantido por esse certificado), com o preço de mercado desse certificado. Se o valor presente da água nesse uso é o maior que o preço de mercado, então ele não a vende, usa-a, e muito provavelmente pode tornar-se um comprador em potencial. Por outro lado, se o valor presente da água nesse uso é menor que o preço de mercado do certificado de direito, então ele passa a ser um vendedor em potencial. Para o vendedor, a diferença entre o preço de mercado dos certificados sobre o uso e o valor presente da água é o ganho auferido pelos proprietários desses certificados, devido à existência desse mercado. Do mesmo modo que, a diferença entre o valor presente da água num dado uso e o valor de mercado desses certificados, é o ganho apropriado pelos compradores desses certificados, graças à existência desse mercado. Quanto maiores forem essas diferenças, maior será o ganho para a sociedade pela possibilidade de comercialização dos certificados de direito sobre o uso da água.

\* Vale a pena ressaltar que a distribuição inicial desses certificados de direito ao uso da água, pode causar algum tipo de distribuição de renda, mas que não afeta absolutamente a eficiência do próprio sistema, visto que os certificados de direito são transferíveis.

A possibilidade de transferências desses certificados de direito através do mercado, faz com que os usuários dos recursos hídricos levem em consideração, nas suas decisões de consumo, o custo de oportunidade da água (valor da água em uso alternativo), de modo a corrigir possíveis imperfeições na alocação desses recursos, imperfeições estas que seriam inerentes a qualquer outro mecanismo alternativo de alocação da água.

Sugere-se que tais certificados de direito sobre o uso da água sejam tratados como qualquer ativo tangível, mas isento de qualquer imposto, de modo que seus proprietários se beneficiem mesmo quando o mercado desses ativos esteja inativo.

Deve ser lembrado que a concessão desses certificados e a sua possibilidade de comercialização, exigem do órgão gestor um monitoramento contínuo, no sentido de garantir o direito de uso aos proprietários desses certificados, bem como estar juridicamente preparado para resolver os conflitos que por ventura venham a existir.

É importante salientar que, para ter sucesso e não criar reações contrárias por parte dos usuários da água na sua manutenção, a implementação da cobrança deve prever que os recursos financeiros coletados pelo órgão gestor, oriundos da cobrança pelo uso e poluição da água, devem ser investidos necessariamente nas respectivas bacias de origem, através de obras, estudos e assistência à pesquisa, como forma de expandir e melhorar a oferta e a qualidade da água aos seus usuários. Portanto, sugere-se que não haja transferências de recursos de uma bacia para outra, exceto quando houver transferências de água que justifiquem tais transferências de recursos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

.....

Apesar de estar sempre se renovando, a água é um recurso escasso, principalmente para aqueles mananciais com altas demandas, como é o caso dos rios Paraguaçu (na sua parte alta) e Itapicuru, os quais já não dispõem de capacidade para atender às crescentes derivações, a não ser com a construção de barramentos de regularização. A conciliação de demandas cada vez maiores com a limitada oferta já é um problema atual, mas que pode se agravar futuramente, se a cobrança pelo uso da água não for rapidamente implementada.

O objetivo mais importante da cobrança pelo uso e poluição da água é garantir aos usuários de mananciais um uso eficiente desse recurso. Nesse sentido a cobrança pelo uso e poluição da água funciona como um elemento educativo, que combate eficazmente o desperdício e garante um padrão aceitável de preservação da água. Não se objetiva, pois, mediante a cobrança, incrementar a arrecadação do Estado, muito menos reforçar o caixa dos governos.

A cobrança pelo uso e poluição da água de mananciais só se justifica em situações em que o balanço hídrico de uma bacia se tornar crítico, bem como nos casos onde a poluição da água possa comprometer a sua qualidade (concentrações de um dado poluente acima da concentração máxima permitida por lei). A cobrança pelo uso da água deve ser implementada antes mesmo que o referido balanço hídrico torne-se negativo. Do mesmo modo, a cobrança pela poluição de mananciais deve ser imposta aos poluidores antes que o nível de qualidade da água torne-se crítico.

A cobrança pelo uso e poluição de água desenvolvida neste estudo é fundamentada no mecanismo de mercado, de modo que as externalidades negativas tanto no consumo, quanto na produção, são forçosamente internalizadas aos custos privados, como forma de alocar eficientemente este recurso natural escasso. É através do mecanismo de mercado e da sinalização de preços dele emanado, que os consumidores e produtores buscam alternativas que otimizem o uso desses recursos. Nesse sentido, a cobrança pelo uso e poluição da água funciona como um mecanismo de os usuários da água internalizarem a diferença entre o custo social e o custo privado, que as decisões individuais de cada usuário causam aos demais usuários do sistema.

O mecanismo pelo qual a utilização mais eficiente da água de mananciais pode ser atingida é através de uma política de preços ótimos pelo seu uso (incluindo-se aí os despejos de poluentes), a qual maximize a diferença entre os benefícios e os custos sociais. Entretanto, diferentemente do pensamento da grande maioria dos economistas, a adoção de uma política de preço ótimo não significa necessariamente que se deva cobrar o seu custo marginal ou o seu custo médio de produção. Como ficou demonstrado neste trabalho, a política de preços ótimos minimiza as distorções na captação ou poluição de água, em relação aos seus níveis ótimos, e não apresenta as perdas financeiras associadas com uma política de preço igual ao custo mar-

ginal, nem tão pouco amplia as distorções na utilização desse recurso, associada com uma formação de preço igual ao custo médio.

É interessante ressaltar ainda que, diferentemente da formação de preços *ad hoc* - através da qual arbitram-se faixas de preços, para então detectar-se os impactos sobre atividades econômicas dos setores afetados - a política de preços ótimos pelo uso e poluição da água de mananciais, desenvolvida neste trabalho, é fundamentada na teoria econômica e, portanto, é isenta de reflexos perversos na atividade econômica desses setores, os quais utilizam a água como insumo de produção. Isto é, os preços ótimos obtidos neste estudo, por certo, não encontrarão reação por parte dos usuários pagadores, uma vez que esses preços foram determinados através da revelação das preferências dos vários grupos de usuários, com base na disponibilidade de pagar (custo de oportunidade), via *preço de reserva* desses usuários. Isso significa que os preços ótimos não causarão efeitos perversos sobre os custos finais dos produtos e, portanto, sobre a atividade econômica da região, desde quando esses preços se situam, teoricamente, dentro da capacidade de pagamento de cada tipo de usuário afetado diretamente pela cobrança pelo uso ou poluição da água.

Um aspecto importante da política de preços ótimos pelo uso e poluição da água, desenvolvida neste trabalho, é que ela leva em consideração a criticidade da bacia hidrográfica. Como ficou demonstrado anteriormente, quanto mais crítica for a bacia (tanto no que se refere ao volume de água captado em relação ao volume disponível, quanto no concernente a concentração de poluentes), maior será o custo social que cada usuário impõe aos demais usuários do sistema e, portanto, maior deveria ser o preço praticado nessa bacia, independente do uso da água. A criticidade da bacia é levada em consideração na política de preços ótimos, porque quanto mais crítico for o balanço hídrico (ou quanto maior for a concentração de poluentes), mais oneroso será para o Estado gerenciar essa bacia. Isto é, maiores serão o custo marginal e o custo total do órgão gestor e, conseqüentemente, maior deverá ser o preço cobrado, para qualquer que seja o uso e a prioridade que se dê à água.

Ao estabelecer preços diferenciados através das várias bacias, o sistema de preços ótimos pelo uso da água apresenta outro aspecto positivo ao promover o desenvolvimento regional integrado. Isto é, o sistema de preços ótimos funciona como sinalizador para o usuário na ocupação e desenvolvimento

futuro das várias bacias hidrográficas do Estado, na medida em que direciona os investimentos produtivos para as bacias sub-utilizadas (com balanço hídrico favorável e potencial de diluição de poluentes), como também induz possíveis mudanças nos investimentos já existentes - em bacias com balanço hídrico e níveis de concentração de poluentes críticos - na direção daquelas bacias subutilizadas.

Vale a pena ressaltar que, na impossibilidade de transferência do direito de propriedade da água, pelo menos no curto e médio prazos, devido as restrições legais, os órgãos gestores dos recursos hídricos estaduais devem adaptar-se às novas tendências mundiais, caminhando no sentido de definir claramente os direitos de propriedade sobre o uso da água, buscando os meios legais para introduzir mecanismos de transferi-los para o setor privado, sob pena de inviabilizar a própria cobrança pelo uso e poluição da água.

## ABSTRACT:

.....

This paper provides a framework for the implementation of charging for the utilization of water resources (including water pollution through effluent disposal) in the Alto Paraguaçu and Itapicuru hydrographic basins in the State of Bahia. This study presents an alternative methodology for the establishment of a price system for water use and effluent disposal services. Based on this methodology, it develops a system of optimal prices for water use and effluent disposal services on those hydrographic basins, which maximizes the difference between social benefits and costs, subject to a budget constraint (total cost equals total revenue). This optimal pricing policy satisfies economic efficiency criteria, since it minimizes the distortions from the optimal levels of water use or pollution. As a consequence, it does not present financial imbalances (losses or gains) -- which are associated with a pricing policy equal to marginal cost—as well as it does not create or amplify distortions of water resources allocation—which are characteristic of a pricing policy equal to average cost. The implementation of this system of water use and effluent disposal service prices developed through this study is based on the market mechanism, in such a way that all consumption and production externalities are

internalized into private costs, as a mean to provide an efficient allocation of this scarce resource as well as to confront users with the full cost of their actions. It was pointed out that to implement this pricing system it is required a well defined market system in order to transfer water right.

## Key Words:

Water; Hydric Resources; Charging for Utilization of Water; Administration of the Hydric Resources; Price Policy; Economic Efficiency; Electric Power; Production of Electric Power; Water Pollution; Pollutants; Irrigation; Water-Supply; Pollution by Rejects from Mining; Costs; Water Rationing; Hydrographical Basins.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALBOUY, Yves. **Análisis de costos marginales y diseño de tarifas de electricidad y agua:** notas de metodología. Washington D. C: BID, 1983.
- BAUMOL, W, BRADFORD, D. Optimal departures from marginal cost pricing. **American Economic Review**, 1970.
- CARRERA-FERNANDEZ, José. **Otimização de usos múltiplos da bacia e cobrança pelo uso da água no Alto Paraguaçu.** Salvador: CRH, 1993.
- \_\_\_\_\_. **Projeto de implantação da cobrança pelo uso e poluição da água dos mananciais do Alto Paraguaçu e Itapicuru.** Salvador: BID, 1996
- COASE, Ronald. The problem of social cost. **Journal of Law and Economics**, 1960.
- FREDERIKSEN, Harald D. **Drought planning and water efficiency implications in water resources management.** Washington D. C: World Bank, 1987. (Technical Paper, 185).

HEARNE, Robert, EASTER, William K. **Water allocation and water markets: an analysis of gains-from-trade in Chile.** Washington D. C: World Bank, 1995. (Technical Paper, 15).

LYPSEI, R. G, LANCASTER, K. J. The general theory of the second best. **Review of Economic Studies**, 1957.

POMPEU, Cid Tomanik. **Aspectos jurídicos da cobrança pela utilização dos recursos hídricos.** 1992. (Mimeogr.).

SILBERBERG, E. **The structure of economics: a mathematical analysis.** New York: Mac Graw-Hill, 1978.

VARIAN, Hal R. **Microeconomic analysis.** New York: Norton Company, 1978.

---

Recebido para publicação em 03.01.97.

**PUBLIQUE NA SEÇÃO  
DOCUMENTOS  
TÉCNICO-CIENTÍFICOS  
SEUS ARTIGOS  
E COMUNICAÇÕES**

*Leia antes as normas para  
apresentação de originais  
ou fale com a REN.*

*Tel: (085) 800.3137*

*Fax: (085) 299.3417*