

*Textos para
Discussão*

Textos para Discussão

José Carrera-Fernandez
João Damásio
Raymundo José Garrido
Antônio Henrique Silveira

Faculdade de Ciências Econômicas
Salvador
2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor

Naomar Monteiro de Almeida Filho

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

José Sérgio Gabrielli de Azevedo

FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS - FCE

Diretor

Luiz Antônio Mattos Filgueiras

CURSO DE MESTRADO EM ECONOMIA

Coordenador

André Garcez Ghirard

Projeto gráfico e capa

Alana Carvalho

Gabriela Nascimento

Editoração eletrônica

Alana Carvalho

Sumário

Este trabalho aborda a questão dos impactos da cobrança pelo uso da água em sistemas de bacias hidrográficas sobre a economia regional, importante instrumento corretor de rumo da gestão dos recursos hídricos. Os estudos existentes no país têm, via de regra, tentado avaliar os impactos dessa cobrança sobre os custos dos usuários diretamente afetados, considerando exclusivamente seus efeitos diretos, os quais são usualmente expressos como um percentual sobre o faturamento das empresas ou da conta de água. Este ensaio chama a atenção para o fato de que os impactos indiretos dessa cobrança para alguns segmentos industriais, ao incidirem sobre toda a cadeia produtiva e ultrapassarem os limites da própria bacia hidrográfica, estaduais e regionais, podem ser, todavia, bem mais significativos. A metodologia desenvolvida neste trabalho, além de computar todos os impactos diretos e indiretos sobre a estrutura de custos na matriz de insumo-produto do país, permite que sejam ensaiados todos os impactos, independen-

temente da metodologia de cobrança utilizada pelo comitê de bacia ou agência de águas. Esta é, de fato, uma vantagem adicional, tendo em vista que ainda não existe um consenso a respeito do referencial metodológico a ser utilizado para implementar o instrumento de cobrança pelo uso da água no país. Ao oferecer essa modesta contribuição a todos os comitês de bacia e agências de águas, espera-se que este trabalho possa servir para subsidiar as políticas públicas nessa área, contribuindo, assim, para melhorar o gerenciamento dos recursos hídricos no país.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, bacia hidrográfica, valorização da água, cobrança pelo uso da água, economia regional

Abstract

This paper examines the impacts of charging for water utilization in river basin systems over the regional economy, important course corrector instrument of water basin management. All existing studies in Brazil have been trying to evaluate the impacts of that charging over water user's costs directly affected, by considering only the direct effects. These impacts are usually expressed as a percentage of water user's revenue or water bill. This essay calls attention to the fact that, for some industrial sectors, all indirect impacts of that charge may be yet more significant because they fall over all productive chain, going beyond regional and state limits. The methodology developed in this paper, besides to compute the direct and indirect impacts over all cost structure inside the input-output matrix of the country, allows to assay all impacts, independently of the methodology adopted by the water committee or water basin agency. As a matter of fact, this generality is the main advantage of this analysis, given that there is not yet consensus about the methodological framework to be used in the country to implement this instrument of water charging. By offering this modest contribution to all water committees and water basin agencies, we hope that this paper could be useful to subsidize the public policies in this field, contributing in this manner to improve the water basin management in the country.

KEY WORDS: Water resources, water basin, water valuing, charging for water use, regional economics

AREA DA ANPEC: ECONOMIA REGIONAL E ECONOMIA AGRÍCOLA

JEL Classification: C67, D60, D61, D62, D63, Q21, Q25, Q26, Q28, R11, R15

Impactos da cobrança pelo uso da água sobre a economia regional

1. Introdução

Até há bem pouco tempo atrás, no Brasil, não havia uma preocupação clara com a questão da escassez dos recursos hídricos, tanto na sua componente quantitativa quanto qualitativa. Esse fenômeno, entretanto, vem dando mostras visíveis de sua ocorrência em várias partes do território nacional. O crescimento econômico desordenado, a ocupação não apropriada do solo e a forte dependência hídrica do setor elétrico, aliado ao uso perdulário dos recursos da água, têm contribuído para tornar a disponibilidade hídrica, em certas bacias hidrográficas, incompatível com as demandas nas suas múltiplas modalidades de uso. Além do mais, o descarte de esgotamentos sanitários e efluentes industriais sem o devido (ou nenhum) tratamento, aliado à disposição não apropriada dos resíduos sólidos urbanos e industriais, tem sido responsável pela degradação da qualidade das águas no país.

Quando o problema da escassez dos recursos hídricos passa a ser realmente encarado, os instrumentos de natureza econômica assumem um papel preponderante no curso do processo de gerenciamento desses recursos. A cobrança pelo uso da água é um desses instrumentos que, aliado aos instrumentos de regulação (de comando e/ou de controle) usualmente aplicados, pode vir a ser um importante meio de racionalizar o uso e melhorar a alocação desse recurso entre os seus múltiplos usuários. É importante lembrar que a cobrança pelo uso da água não chega a ser algo novo na vida do homem, pois, ao longo da sua história, sempre que este se defrontou com a escassez de algum bem, ele o submeteu às forças de mercado e às leis da oferta e da demanda, as quais traduzem-se em um nível de preço, regulando as transações desse bem na economia. Cobrar pelo uso da água bruta é, portanto, uma mera extensão do conceito de valor econômico universalmente consagrado em relação a outros bens como, por exemplo, os recursos minerais.

A cobrança pelo uso da água é, portanto, justificada sempre que o balanço hídrico de uma bacia ou acumulação subterrânea se torne crítico, bem como nos casos onde a poluição da água possa comprometer a sua qualidade, exigindo, assim, recursos para financiar ações, projetos e obras hidráulicas¹. De fato, a cobrança pelo uso da água deve ser implementada antes mesmo que o referido balanço hídrico se torne negativo, assim como antes que o nível de qualidade da água se torne crítico, ou seja, antes que as concentrações de determinados poluentes estiver acima dos níveis máximos permitidos pela legislação. O objetivo mais importante da cobrança pelo uso da água é garantir a seus usuários um uso eficiente desse recurso, quer seja como produto final, no consumo, ou como insumo de produção — incluindo-se aí a diluição de poluentes. A cobrança pelo uso da água é uma forma eficiente de internalizar aos custos privados as externalidades negativas tecnológicas que os usuários dos recursos hídricos impõem aos demais usuários do sistema, ao utilizarem a água no consumo ou na produção. Nesse sentido, a cobrança pelo uso da água funciona como mecanismo de correção das distorções entre os custos social e privado.

Embora trate-se ainda de um instrumento relativamente novo no contexto da gestão dos recursos hídricos no Brasil, o debate sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no país, que se iniciou na década de oitenta, tem gerado uma riqueza de trabalhos e uma grande diversidade de metodologias no concernente aos mecanismos de formação de preços pelo uso dos recursos hídricos. Algumas dessas metodologias têm se

destacado pela preocupação latente com prováveis impactos negativos sobre a economia e, portanto, tentam corrigir as possíveis distorções que a cobrança poderia trazer para a economia, minimizando, assim, seus efeitos negativos sobre os múltiplos setores usuários da água. No entanto, tendo em vista que essas propostas apresentam vantagens e desvantagens, ainda não há um consenso sobre o referencial metodológico a ser utilizado para formação de preços pelo uso da água. A despeito disso, parece haver uma generalizada preferência por aquelas metodologias mais fáceis de serem implementadas, geralmente *ad hoc*, relegando a um último plano o rigor científico estabelecido pela teoria econômica, o qual deveria preponderar sobre qualquer elemento de escolha.

O problema é que, com a cobrança pelo uso da água estabelecida de forma *ad hoc* e, portanto, não criteriosa, muitos setores usuários, especialmente a irrigação e a indústria, serão fortemente impactados. Na indústria, a cobrança plana pelo uso da água poderá contribuir para agravar os problemas já enfrentados por alguns setores, reduzir a geração de empregos e pressionar a inflação do país. Na irrigação, essa cobrança pode causar efeitos ainda mais graves, pois pode até mesmo inviabilizar o próprio negócio, implicando em um retrocesso tecnológico na medida que força os irrigantes a produzirem em sequeiro. O problema é que, ao tratar usuários diferentes de forma igual, essa cobrança plana e irresponsável poderá criar distorções graves na economia, com sérias repercussões na cadeia produtiva do país. Se a experimentação generalizada de cobrança por tentativa e erro, metodologia mais fácil e politicamente cômoda de ser implementada, não for contida como prática usual no país, a economia poderá sentir seus efeitos negativos.

Tentando formar um juízo de valor e subsidiar as políticas públicas no setor de recursos hídricos, este trabalho analisa de forma sucinta o leque de metodologias existentes de valorização da água, apontando suas principais vantagens e desvantagens. Para isso, é necessário ir buscar na teoria econômica neoclássica as bases que fundamentam cada uma dessas metodologias alternativas de cobrança pelo uso da água, assim como estar atento para os possíveis impactos da cobrança sobre os setores usuários.

Felizmente, alguns estudos no país já demonstram uma clara preocupação com a questão dos efeitos da cobrança pelo uso da água sobre os vários setores usuários. De fato, alguns trabalhos já avançaram nessa direção e têm procurado avaliar os impactos dessa cobrança sobre a economia. O problema é que esses estudos têm considerado apenas os impactos diretos dessa cobrança sobre os segmentos usuários, sem haver uma clara preocu-

pação com os impactos indiretos que afetam toda a cadeia produtiva a montante e a jusante. Este ensaio alerta para esse fato e mostra que os impactos indiretos dessa cobrança para alguns segmentos industriais, ao incidirem sobre toda a cadeia produtiva e ultrapassarem os limites regionais e estaduais, podem ser, todavia, bem mais significativos.

Assim, objetivando contribuir para equacionar essa questão, este trabalho desenvolve uma metodologia que, além de computar todos os impactos diretos e indiretos sobre a estrutura de custos na matriz de insumo-produto do país, permite que sejam ensaiados todos os impactos, independentemente da metodologia de cobrança utilizada pelo comitê de bacia ou agência de águas. Esse alcance mais amplo é, de fato, uma vantagem adicional dessa metodologia, pois permite uma maior aplicabilidade por parte dos comitês de bacia no país, tendo em vista que ainda não existe um consenso a respeito do referencial metodológico a ser utilizado para implementar o instrumento de cobrança pelo uso da água no país.

Além dessa introdução, este trabalho contém mais quatro seções e está organizado da seguinte forma. A segunda seção contém uma análise das várias metodologias disponíveis para valorar a água, tentando buscar na teoria econômica as bases que as fundamentam, de modo a formar um juízo de valor para cada uma dessas múltiplas propostas. Na seção seguinte, faz-se uma incursão rápida na literatura brasileira sobre o tema, com o intuito de mapear os vários estudos de impactos da cobrança pelo uso da água. Na quarta seção apresenta-se uma metodologia rigorosa de avaliação dos impactos diretos e indiretos dessa cobrança sobre alguns agregados da economia. Na última seção, apresentam-se as considerações adicionais e conclusões deste trabalho, esperando que o mesmo possa servir de subsídio para os comitês de bacia e agências de água, que agora começam a se formar, contribuindo assim para melhorar o gerenciamento dos recursos hídricos no país.

2. Metodologias alternativas de cobrança pelo uso da água

Existe um grande leque de metodologias para formação do preço de um bem público, como a água. Essas metodologias se fundamentam em uma gama de diferentes teorias econômicas. Sob o ponto de vista do enquadramento teórico, essas metodologias podem ser classificadas em dois grandes grupos: (i) modelos de otimização, fundamen-

tados na teoria econômica neoclássica, que podem ser em equilíbrio geral ou parcial²; e (ii) modelos *ad hoc* (Carrera-Fernandez & Garrido, 2002). Exceituando-se as metodologias *ad hoc*, todas as metodologias de formação de preços pelo uso da água incluídas no primeiro grupo são derivadas de um processo de otimização, com postulados amplamente aceitos e fundamentados em algum ramo da teoria econômica neoclássica. O fato a destacar é que todas essas metodologias buscam ou priorizam algum dos três princípios econômicos básicos, ou seja: (i) eficiência econômica; (ii) eficiência distributiva ou equidade; e (iii) recuperação dos custos (auto sustentabilidade financeira). Os modelos *ad hoc*, por não estarem fundamentos em postulados universalmente estabelecidos pela teoria econômica utilitariana, não maximizam o bem-estar social ou minimizam os custos sociais.

As metodologias agrupadas em modelos de otimização em equilíbrio parcial estão subdivididas em três outros grupos, de acordo com a teoria adotada para fundamentação, ou seja: (i) teoria da demanda; (ii) teoria da oferta; e (iii) teoria do equilíbrio de mercado. Por outro lado, as metodologias agrupadas em modelos de equilíbrio geral estão subdivididas de acordo com as soluções, em *first best* ou *second best*.

As metodologias baseadas na teoria da demanda, por sua vez, podem ser oriundas tanto da teoria do consumidor quanto da teoria da firma (função de custo), o que dependerá, evidentemente, da finalidade que o usuário dará a esse recurso. Assim, se a água for utilizada como produto final, ou seja, como bem de consumo, então é a teoria do consumidor que estabelecerá os fundamentos para a sua valorização. Por outro lado, se a água for utilizada como insumo na produção de algum bem final, esta tarefa ficará a cargo da teoria da firma, com seus componentes de produção e custo, os quais fornecerão os elementos para a formação dos preços. Nas metodologias fundamentadas na teoria da oferta, os preços pelo uso da água são estabelecidos pela teoria da firma (função de lucro), de acordo com o custo marginal (de curto ou longo prazos) de gerenciamento do sistema hídrico. Na metodologia baseada na teoria do equilíbrio de mercado, o livre jogo entre a oferta e demanda é preconizado como elemento fundamental para a formação dos preços pelo uso da água. Por serem resultantes de problemas de otimização, todas as metodologias aí contidas geram alocações eficientes no consumo e na produção.

A principal desvantagem de implementar uma política de preço igual ao custo marginal de curto prazo é que esta, correta, via de regra, distorções distributivas. Isto é,

embora a política de preço igual ao custo marginal seja economicamente eficiente, ao garantir uma alocação ótima de recursos produtivos na economia, ela não é, em geral, justa socialmente, visto que essa política de preço gera distorções na distribuição do ônus para a sociedade.

Essas distorções podem ocorrer em uma indústria que apresenta custos médios declinantes, como é o caso do gerenciamento de recursos hídricos em bacias com excedentes hídricos. Nesse caso, a política de preço com base no custo marginal de produção não gera receita suficiente para cobrir os custos dessa atividade, acarretando, em consequência, prejuízos sistemáticos. Do mesmo modo, a consequência de uma política de preço refletindo o custo marginal em uma indústria com custos médios crescentes, como parece ser o caso do gerenciamento de recursos hídricos em bacias com balanço hídrico crítico, é a presença sistemática de lucro econômico, visto que a receita, nesse caso, é potencialmente maior que o custo. Isto significa que, em qualquer dos dois casos, a formação de preço igual ao custo marginal de curto prazo cria efeitos redistributivos negativos na economia. No primeiro caso, os prejuízos teriam que ser forçosamente pagos pelos contribuintes, os quais estariam, em conjunto, subsidiando os usuários dos recursos hídricos. No segundo, os lucros teriam que ser compulsoriamente gerados pelas próprias usuárias do sistema, os quais estariam sendo penalizados ao transferir tais recursos para outras finalidades.

No que concerne aos modelos baseados na teoria do equilíbrio de mercado, não é possível ajustar diretamente através de algum procedimento econométrico uma função de demanda por água em cada modalidade de uso. Isso porque, ao não existirem mercados de água bruta, seus preços não podem ser revelados. No entanto, um ajustamento indireto é sempre possível. De fato, os dois métodos alternativos baseados na teoria da demanda superam essa impossibilidade, ao fazerem uso do importante conceito da disposição a pagar. O primeiro é o método da demanda contingente, enquanto que o segundo é o método da demanda "tudo ou nada". Esses dois métodos alternativos, por estarem fundamentados no próprio instrumental da teoria da demanda, implicam alocações eficientes no consumo.

O método da demanda contingente tenta criar um mercado hipotético como forma de fazer com que os usuários revelem suas preferências. Nesse método, as funções de demanda por água nas várias modalidades de uso são estimadas através de pesquisas diretas com consumidores e produtores, tentando extrair dos próprios usuários o valor que

estes estariam dispostos a pagar pelo uso da água. O método da avaliação contingente, doravante denotado por MAC, procura aproximar o mecanismo de mercado dos agentes econômicos. Para tanto, utiliza-se um sistema de simulação de ofertas, no qual o entrevistador personifica o papel do vendedor, relacionando a oferta do bem em questão ao maior preço possível.

A operacionalização do MAC pode ser feita através de duas formas alternativas. Na primeira, a pergunta sobre a disponibilidade a pagar é aberta ao entrevistado, o qual pode atribuir qualquer valor monetário ao bem em questão. Nesse sentido, a disponibilidade a pagar é uma variável contínua, a qual pode assumir qualquer valor não negativo e pode ser tratada com técnicas e modelos convencionais de regressão. A segunda forma de tratar a disponibilidade a pagar é através da técnica binária, do sim ou não. Neste caso, o entrevistado recebe um cartão com um determinado valor, o qual é induzido a responder se aceitaria ou não pagar esse determinado valor pelo referido bem ou serviço. O preço perguntado abrange uma série de valores diferentes, distribuídas entre os entrevistados de forma aleatória, de modo a evitar qualquer correlação entre a disponibilidade a pagar e as demais variáveis explicativas. Desse modo, o entrevistado é levado a responder segundo os preceitos de uma votação e a disponibilidade a pagar é uma variável binária, a qual assume apenas dois valores, zero ou um.

A variável dependente nesse segundo modelo é a variável binária que associa a resposta de cada agente (que pode ser um domicílio ou uma unidade produtora) em relação ao bem público. Esse modelo pode, então, ser utilizado para analisar o impacto de diferentes fatores (ou variáveis explicativas) sobre a probabilidade do domicílio optar pelo bem em questão. Neste caso, a variável dependente, y , é definido como sendo a resposta atual do domicílio ou da unidade produtora, que assume o valor unitário quando este dá uma resposta favorável (ou positiva) e o valor zero quando o mesmo responde desfavoravelmente (ou negativamente). Supõe-se que a resposta de cada agente seja explicada por um vetor de variáveis independentes C . Os modelos econométricos mais utilizados para estimar a disposição a pagar nessa alternativa são o *logit* e o *probit*³.

O MAC apresenta duas desvantagens básicas. A primeira delas é por ser uma solução custosa, ao envolver um longo processo entre a concepção inicial do questionário, treinamento dos pesquisadores, análise e processamento dos dados até a obtenção dos resultados finais. Esses procedimentos demandam tempo e principalmente recursos. A segunda desvantagem é que os resultados obtidos com essa téd se os questionários term

sido bem elaborados e aplicados, não é possível fazer com que os usuários revelem precisamente o quanto eles estariam realmente dispostos a pagar pelo uso da água. Isto porque, ao serem questionados quanto estariam dispostos a pagar, os usuários comportar-se-iam estrategicamente segundo o princípio hedonístico, de modo que estes, ao esconderem a verdade, poderiam obter um benefício extra.

Além de apresentar a desvantagem natural de estar limitada ao valor que os usuários estariam dispostos a pagar, a cobrança pelo uso da água com base no MAC, por não estar vinculada ao plano de investimentos programados para a bacia, não estabelece nenhuma garantia de que os recursos necessários para atender as verdadeiras necessidades de investimentos do sistema hídrico sejam de fato arrecadados.

No segundo método baseado na teoria da demanda, a função de demanda é derivada a partir do conceito de demanda "tudo ou nada", que se fundamenta no preço de reserva ou custo de oportunidade da água, operacionalizada através de uma simulação hipotética na qual interrompe-se o seu fornecimento⁴. Nessa simulação, extrai-se o máximo valor que os usuários estariam dispostos a pagar por uma certa quantidade de água, permanecendo indiferentes entre continuar a usar essa água ou buscar uma solução alternativa que produza o mesmo efeito. A função de demanda ordinária por água é obtida através do processo de derivação da função de demanda tudo ou nada.

Além de ser uma solução simples e barata, principalmente em relação ao MAC, que exige altos custos com a pesquisa de campo, a principal vantagem do método da demanda tudo ou nada é que o preço de reserva (ou custo da alternativa menos cara) representa uma alternativa legítima do valor social da água. No entanto, a utilização dessa metodologia para formação de preços pelo uso da água em sistemas de bacia hidrográfica apresenta a mesma desvantagem que havia sido observada em relação ao MAC. Isto é, a disposição a pagar não está vinculada ao plano de investimentos programados para a bacia, em termos de expansão da oferta de água ou melhoria na qualidade dos recursos hídricos do sistema, de modo que não há garantia de que tais recursos sejam, de fato, arrecadados.

As metodologias de formação de preços com base na teoria da oferta partem do pressuposto de que o gerenciamento de recursos hídricos em sistemas de bacia é uma atividade econômica como outra qualquer, de modo que os preços devem refletir o custo marginal de produção de curto ou longo prazos. Embora a cobrança pelo uso da água com base no custo marginal de curto prazo gere uma alocação eficiente sob o ponto de vista

econômico, visto que esta maximiza o excedente social líquido nessa atividade de gerenciamento, graves problemas distributivos podem ser introduzidos. Tais problemas ocorrem porque o custo marginal de gerenciamento, na maioria das bacias, é muito pequeno em relação ao custo fixo. Conforme será visto a seguir, essa problemática pode ser superada ao se utilizar a metodologia de preço igual ao custo marginal de longo prazo.

O modelo baseado na teoria do equilíbrio de mercado é, em geral, operacionalizado por meio da criação de certificados negociáveis de direito de uso da água, os quais funcionem como um instrumento de aproximar usuários demandantes e ofertantes dos recursos hídricos. Esses certificados podem ser inicialmente distribuídos ou vendidos em leilões, mas, a partir dessa distribuição inicial, podem ser transacionados em mercados regulados pelo livre jogo entre a oferta e demanda. Essa metodologia é um instrumento eficiente de maximizar os benefícios líquidos, na medida que reduz as incertezas dos usuários nas suas decisões de produção e implementação de seus investimentos futuros. É através do mecanismo de mercado e da sinalização de preços dele emanado, que os usuários buscam otimizar a utilização dos recursos hídricos. A possibilidade de transferências desses certificados, via mecanismo de mercado, garante uma alocação eficiente dos recursos hídricos para seus usuários, maximizando-se, em conseqüência, o benefício econômico líquido.

A instituição do direito de poluir um manancial é tão polêmica quanto a instituição do direito de comercialização de drogas ilegais. Para alguns economistas, a liberalização das drogas é um mecanismo que pode reduzir o consumo de drogas, além de eliminar todos os problemas associados com o tráfico ilegal de drogas. Com a instituição de certificados negociáveis de direito de diluir poluentes em mananciais, uma unidade industrial com custos mais altos (isto é, com desvantagem comparativa na redução da carga de poluentes) poderá comprar o direito de poluir de outras empresas com custos mais baixos e ainda assim a sociedade poderá manter um padrão aceitável de qualidade de seus mananciais, perfeitamente enquadrados dentro dos níveis preestabelecidos pela legislação vigente.

Os certificados negociáveis de diluir poluentes apresentam uma vantagem adicional que é a de conciliar a escala ótima de diluição de poluentes que, em última instância, é decidida pela própria sociedade com base no nível máximo de contaminação aceitável, com todas as vantagens propiciadas pela alocação através do mecanismo de mercado. Deve-se ressaltar que possíveis incorreções introduzidas com a distribuição

inicial dos certificados negociáveis podem ser mais facilmente corrigidas pelo próprio mecanismo de mercado, na medida que tais certificados forem sendo transacionados. No entanto, transferências de renda das empresas menos eficientes (em termos de custos de descontaminação) para os mais eficientes seriam automaticamente verificadas com esse mecanismo, mas com ganhos líquidos para toda a sociedade.

A principal vantagem dessa metodologia é que os valores da água em cada uso seriam estabelecidos pelo próprio mercado, eliminando-se a necessidade da formação dirigida de preços e evitando-se, assim, os erros e imprecisões de uma valorização. No entanto, por não estar vinculada ao plano de investimento planejado para expansão da quantidade e qualidade dos recursos hídricos na própria bacia hidrográfica, essa metodologia poderá apresentar a desvantagem de não assegurar a arrecadação dos recursos necessários para financiar os investimentos programados. Na melhor das hipóteses, pode-se dizer que será o próprio mercado que definirá, indiretamente, os investimentos desejados, através dos recursos gerados pelos preços de equilíbrio.

O principal obstáculo à adoção desse instrumento metodológico é a própria inexistência de condições legais para sua implementação. No Brasil, além da impossibilidade legal de transferência do direito de uso da água, ainda não existem as condições necessárias para que esses mercados possam cumprir o seu papel. Além do mais, a impossibilidade de o estado outorgar o direito de propriedade da água, imposta pela legislação brasileira, significa que a implementação de uma metodologia fundamentada na teoria do equilíbrio de mercado estará limitada a alocar apenas os direitos de uso da água, por algum período limitado de tempo.

Os modelos alternativos de formação de preços pelo uso da água em equilíbrio geral⁵ apresentam certa superioridade sobre aqueles em equilíbrio parcial. Os modelos originários da teoria do *first best* se fundamentam em premissas amplamente aceitas e consagradas pela teoria econômica, as quais estabelecem condições necessárias para obtenção do bem-estar econômico e implicam, por conseguinte, em uma utilização eficiente dos recursos na economia. O modelo fundamentado na teoria do *second best*, por sua vez, reconhece explicitamente que a economia está caracteristicamente marcada por uma série de distorções, longe de serem observadas as condições ideais para uma alocação ótima dos recursos. Isso significa que as condições preconizadas em *first best*, ou seja, preços refletindo o custo marginal de produção podem não ser mais preferíveis, pois a economia pode se afastar ainda mais da fronteira Pareto ótimo.

Quando estabelecidas no contexto de equilíbrio geral em *first best*, são duas as formas alternativas de se estimar o custo marginal de longo prazo. A primeira delas é a forma convencional do custo marginal de longo prazo (ou *incremental cost*)⁶, que corresponde ao custo adicional necessário para expandir a oferta de água na bacia hidrográfica em um metro cúbico a mais desse recurso, no aspecto quantitativo, ou o custo adicional necessário para reduzir em uma unidade a carga orgânica ou concentração de poluentes nos recursos hídricos, no aspecto qualitativo⁷. A segunda forma de avaliar o custo marginal é através do conceito de racionamento. O conceito alternativo de custo marginal de racionamento está fundamentado no fato de que nem sempre pode-se satisfazer a demanda por água em uma ou mais modalidades de uso. Esse custo é avaliado com base na curva de demanda por água em cada uso racionado, através do valor que os usuários, sob racionamento, estariam dispostos a pagar pelo consumo de um metro cúbico adicional de água ou para diluírem um metro cúbico adicional de seus efluentes industriais ou esgotos sanitários⁸.

As metodologias de preço pelo custo marginal, embora gerem uma alocação eficiente ao maximizar o benefício social líquido, sofrem do mesmo problema verificado no contexto do equilíbrio parcial. As imperfeições de mercado introduzidas por essas metodologias podem levar a economia a se distanciar ainda mais do ótimo paretiano.

Finalmente, a metodologia de preços ótimos estabelece que a variação percentual do preço pelo uso da água em relação ao custo marginal de gerenciamento é inversamente proporcional à elasticidade-preço da demanda⁹. Dessa forma, quanto menor for a elasticidade-preço para uma determinada modalidade de uso da água, maior deverá ser o seu preço em relação ao custo marginal e vice-versa. Ao considerar as diferentes capacidades de pagamento de seus usuários, a cobrança de preços diferenciados minimiza as distorções no consumo e na produção, em relação aos seus níveis socialmente ótimos. Uma vantagem adicional é que, além de internalizar aos custos privados as externalidades negativas impostas pelos múltiplos usuários da água, a metodologia de preços ótimos restringe o órgão gestor dos recursos hídricos a cobrir todos os seus custos de gerenciamento, estabelecendo uma auto-sustentabilidade para o setor dos recursos hídricos.

A grande vantagem da metodologia de preços ótimos é que ela gera uma alocação eficiente, tanto sob o ponto de vista econômico quanto distributivo. De fato, a metodologia de cobrança com base nos preços ótimos é a única que atende a todos aqueles objetivos básicos que uma metodologia deveria ter, ou seja: produz eficiência na alocação e

utilização dos recursos hídricos; estabelece justiça social ao internalizar os custos sociais; e assegura a auto-sustentabilidade financeira do sistema hídrico, ao gerar recursos suficientes para financiar o plano de investimento programado para a bacia.

Qualquer metodologia que não se enquadre no referencial teórico dos modelos apresentados até agora e, portanto, não seja fruto de um processo de otimização estabelecido no ceio da teoria econômica, pode ser considerada como *ad hoc*. O mais conhecido e mais utilizado modelo *ad hoc* de formação de preços é aquele que preconiza a cobrança pelo custo médio. Essa metodologia estabelece que o principal objetivo de um sistema de preços pelo uso da água é cobrir os custos associados com a sua oferta, de modo que cada usuário deveria pagar uma proporção “justa” destes custos. A consequência dessa metodologia seria uma alocação solvente financeiramente - ao prever que serão os próprios usuários que gerarão os recursos necessários para a auto-sustentabilidade do setor, embora não seja economicamente eficiente. Os outros modelos *ad hoc* estabelecem regras de preços pelo uso da água a partir de algum critério técnico, mas não apresentam fundamentação teórica universalmente aceita na teoria econômica utilitarista e por isso mesmo não geram alocações eficientes sob o ponto de vista econômico. Tais metodologias não apresentam nenhuma vantagem em termos de qualquer um dos conceitos usuais de eficiência econômica.

3. Impactos da cobrança pelo uso da água no Brasil

Objetivando mapear os impactos da cobrança pelo uso da água, esta seção faz uma incursão na literatura brasileira e analisa os principais estudos sobre o tema no país. Nessa incursão, faz-se um levantamento dos vários procedimentos metodológicos utilizados para nortear a formação dos preços pelo uso da água e os correspondentes impactos dessa cobrança sobre os setores usuários.

3.1 São Paulo

São Paulo foi o estado que liderou o processo de estudo de cobrança pelo uso da água no Brasil. A Fundação do Desenvolvimento Administrativo – FUNDAP, atendendo à solicitação do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE/SP, elaborou importantes estudos no sentido de estabelecer alternativas para a cobrança pelo uso da água. As bacias hidrográficas de referência foram as dos rios

Piracicaba e Capivari¹⁰. Os estudos buscaram conceituar a cobrança pelo uso da água, não como uma penalidade, mas como um instrumento de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, de forma a transformar-se em um elemento educativo capaz de propiciar a racionalidade e o uso equitativo da água. Nesse sentido, a cobrança deveria ser tal que não induzisse os usuários a poluir, mas também não os obrigasse a interromper suas atividades de produção e consumo. Ao contrário, a cobrança deveria ser um estímulo à adoção de tecnologias ditas limpas.

A grande virtude dos estudos da FUNDAP (1991 e 1993) foi reconhecer explicitamente, que o setor de recursos hídricos é uma indústria de um recurso renovável, porém finito, cuja complexidade de gerenciamento e operação tem aumentado pelos múltiplos usos concorrentiais e seqüenciais da água. A metodologia utilizada nesses estudos foi fundamentada no princípio usuário-pagador e poluidor-pagador, através da fixação de preços em função dos custos marginais de longo prazo (*incremental costs*). Esses custos incluíam apenas os investimentos previstos para regularização do fluxo (vazão), não sendo incluídos os custos de gerenciamento (operação e manutenção) do próprio setor. Estudou-se, também, a cobrança pelo excesso de cargas orgânicas lançadas em relação a padrões aceitáveis, fixados previamente.

Nos estudos da FUNDAP há uma clara distinção de tratamento entre os usos consuntivos e não consuntivos, bem como admite-se que o estado possa subsidiar o gerenciamento da bacia em um primeiro momento, por exemplo, nos primeiros 10 anos de implementação da cobrança, contribuindo com parte dos recursos para investimentos inevitáveis. No entanto, os subsídios deveriam ser retirados paulatinamente até que a bacia se tornasse autônoma e suficientemente capaz de se auto financiar.

Os custos marginais de longo prazo foram obtidos a partir de um programa de investimento desejável, para um horizonte de 20 anos, totalizando mais de US\$ 1,3 bilhão de dólares. O QUADRO 3.1 mostra os custos marginais de longo prazo e as tarifas dos serviços de água e esgoto praticadas no próprio estado, para uma taxa de desconto (ou custo de oportunidade do capital) de 10%.

Quadro 3.1: Custos marginais de serviços de água bruta e tratamento de esgotos e tarifas praticadas no estado de São Paulo

Discriminação	Custo marginal	Tarifa praticada
Água (US\$/1.000m ³)	-	700,00
Gestão da água bruta (US\$/1.000m ³)	80,00	-
Recuperação dos recursos hídricos (US\$/mDBO)	-	-
Com ETE	100,00	-
Sem ETE	1.460,00	-
Esgoto (US\$/1.000m ³)	-	700,00
Tratamento de esgotos (US\$/mDBO)	-	-
Com ETE1	310,00	-
Com ETE + Emissário	2.250,00	-
Com ETE + Emissário + Rede	2.730,00	-

FONTE: QUADROS 1 e 2 – FUNDAP (1991).

O impacto da cobrança pelo uso da água sobre os usuários domésticos será bem significativo, isto é, a cobrança com base nos custos marginais representará um acréscimo médio de 18% na conta de água de uma família que consome 20 m³ de água por mês, enquanto que a cobrança pelo esgoto significaria um acréscimo médio na conta água em torno de 9% para os municípios com estação de tratamento elevatória (ETE) e 40% para aqueles sem ETE.

Dando continuidade a esse trabalho pioneiro, celebrou-se um convênio entre o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, o Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S. A. – CNEC e a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE, objetivando estudar a implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no estado de São Paulo, com ênfase nas bacias do Piracicaba, Alto Tietê e Baixada Santista. O resultado desse trabalho foi um conjunto de treze relatórios, abordando, desde a consolidação dos aspectos relevantes da legislação para o setor, passando pela simulação do potencial de cobrança pelo uso dos recursos hídricos e a elaboração de uma pesquisa direta sobre a disposição a pagar, até a análise final dos impactos decorrentes da cobrança pelo uso da água sobre os principais usuários.

Todo o estudo de cobrança foi pautado no reconhecimento explícito de que os recursos hídricos são um bem público de valor econômico. Nesse sentido, há a necessidade de que todos os usuários paguem pelo uso dos recursos hídricos, sob pena de correr-se o risco de se provocar uma utilização excessiva desses recursos. Como se sabe, todo recurso

sub-avaliado pelo mercado tende a ser super utilizado pelos seus usuários, o que pode levar a uma utilização acima do seu nível crítico, cerceando o crescimento econômico sustentável e comprometendo as gerações futuras.

Os estudos da FIPE/CNEC foram fundamentados em duas metodologias distintas para determinação dos preços pelo uso da água: uma para a água em uso privado (captação, consumo e geração de energia elétrica) e a outra para poluição lançada através de esgotamentos (industriais e sanitários). A utilização da água para geração de energia elétrica, por ser considerada como uso não consuntivo, foi tratada independentemente das demais. Esse tratamento diferenciado é injustificado, tendo em vista que já havia sido introduzido um tratamento diferenciado entre a água captada e a água consumida. Para a formação do preço da água em uso privado, adotou-se a técnica da disposição a pagar. Nesse caso, a estimativa do preço foi feita através das funções de demanda por água, cujo valor seria determinado quando a quantidade demandada fosse exatamente igual à quantidade disponível (oferecida) pelo sistema hídrico¹¹. Por outro lado, para a utilização da água em lançamentos de efluentes, a metodologia utilizada foi a francesa, na qual rateiam-se, entre os usuários, os custos (amortização do investimento, operação e manutenção) necessários para manter os corpos d'água dentro de certos padrões de qualidade, garantindo assim o fornecimento de água limpa a todos os seus usuários.

Objetivando avaliar a disposição a pagar pelo uso da água dos usuários domésticos servidos pelo abastecimento urbano, foram aplicados 720 questionários domiciliares na área das três bacias em questão. Os resultados da avaliação contingente podem ser vistos no QUADRO 3.2. Uma inspeção desse quadro revela que a disposição a pagar pelo uso da água para os usuários domésticos variou de 28% a 65% do valor da conta mensal média de água.

Quadro 3.2: Disposição a pagar pelo uso da água de usuários domésticos (R\$/mês)

Bacia	Conta de água média	Disposição a pagar	Proporção da conta (%)
Alto Tietê	15,11	6,61	43,7
Piracicaba	9,13	5,93	65,0
Baixada Santista	14,80	4,14	28,0

FONTE: QUADRO 5 – Consórcio JKF KAISER LOGOS (1998)

O investimento decenal desejável¹² para 22 bacias hidrográficas do estado foi estimado em R\$ 10 bilhões de reais, sendo que apenas três dessas bacias (Piracicaba, Alto Tietê, e Baixada Santista) deveriam absorver 62% desses recursos, dos quais 63,5% seriam destinados a financiar programas de despoluição. Para efeito de cálculo, os investimentos foram divididos em dois grupos: (i) para aumento da oferta (disponibilidade) de água, e (ii) para melhoria da qualidade da água.

Os preços pelo uso da água nas várias modalidades de uso foram estabelecidos através de simulação, na qual admitiu-se que a cobrança cobriria apenas 30% dos investimentos planejados, sem que houvesse uma justificativa plausível da escolha de tal percentual. Os valores médios obtidos foram os seguintes: (i) R\$ 3,10/1.000m³ para captação; (ii) R\$ 12,70/1.000m³ para consumo; (iii) R\$ 0,09/mWh de energia gerada; e (iv) R\$ 280,00/ton de DBO. O QUADRO 3.3 mostra para cada bacia estudada os preços em cada modalidade de uso e a correspondente receita potencial¹³.

Quadro 3.3: preços pelo uso da água e receita potencial nas Bacias do Estado de São Paulo

Bacias	Captação (R\$/1.000m ³)	Consumo (R\$/1.000m ³)	EE (R\$/mWh)	Poluição (R\$/tonDBO)	Receita* (R\$ 1.000)
Alto Tietê	7,00	31,00	4,00	320,00	145.561
Piracicaba, Copivari e Jundiaí	3,00	17,00	4,00	193,00	31.111
Baixada Santista	1,00	6,00	0,10	228,00	9.421
Estado de São Paulo	3,00	13,00	0,10	278,00	

FONTE: TABELAS 12, 13, 14 e 15 -- FIPE/CHEC (1995c)

* Exatamente igual a 30% do plano decenal de investimento desejável para a bacia

No que concerne ao preço pela poluição, estimou-se que esse valor representaria apenas 42% do custo de tratamento de 1 ton de DBO incorrido pela empresa de saneamento do estado de São Paulo — a SABESP. Tomando-se por base as tarifas médias praticadas pela SABESP, avaliou-se o impacto da cobrança pelo uso da água para o usuário residencial, cujo aumento variaria de 4,4%, na Baixada Santista, até 8,5% na bacia do Piracicaba. O aumento médio para o estado de São Paulo seria da ordem de 7,2%, o que pode ser considerado como bastante significativo e longe de ser desprezível, principalmente para aqueles consumidores de baixa renda, os quais se enquadram na faixa de pagamento do valor mínimo. Vale ressaltar, entretanto, que os preços pelo uso da água obtidos para essas bacias são bem menores que os valores obtidos através da

avaliação contingente para a disposição a pagar (veja-se QUADRO 3.2). Admitindo-se, a título de comparação, que o consumo médio de água do domicílio típico na bacia do Alto Tietê seja da ordem de 20 m^3 , então a disposição a pagar será em torno de R\$ 0,33/ m^3 (ou R\$ 330,50/ 1.000m^3), bem maior que os preços de captação e consumo obtidos para a mesma bacia (R\$ 7,00/ 1.000m^3 e R\$ 31,00/ 1.000m^3).

3.2 Pernambuco

A primeira bacia hidrográfica no estado de Pernambuco a ganhar um estudo criterioso de cobrança pelo uso da água foi a do Pirapama, a qual tem um papel importante como fonte de suprimento de água potável para a Região Metropolitana do Recife (RMR), que tem sofrido com constantes racionamentos de água.

A metodologia utilizada nesse estudo foi a de preços ótimos e foram considerados sete usos múltiplos da água, ou seja: abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação, geração de energia elétrica, diluição do vinhoto da fertirrigação, diluição de efluentes industriais e esgotamentos sanitários. Todas essas modalidades de uso da água (consuntivos e não consuntivo) demandará uma vazão de $9,55 \text{ m}^3/\text{s}$, bem como exigirá demanda suficiente de água para diluição de $257 \text{ tonDBO}/\text{dia}$ de carga orgânica.

As estimativas das elasticidades-preço da demanda foram obtidas com base no método da demanda tudo ou nada. Essas demandas, por sua vez, foram ajustadas com base nas quantidades de água requeridas e nos respectivos preços de reserva (ou custos de oportunidade) da água em cada modalidade de uso. Vale lembrar que tais preços foram estimados a partir da solução alternativa menos cara em cada uso, frente à interrupção hipotética na utilização desse recurso na referida bacia.

Para a determinação dos preços ótimos pelo uso da água, tomou-se como referência o plano de investimentos desejável em um horizonte de tempo de 20 anos, cujo valor presente foi de aproximadamente R\$ 71 milhões de reais. Considerou-se uma taxa de desconto de 12% ao ano, o que significou uma amortização anual do capital (investimentos e custos de manutenção) da ordem de R\$ 9,5 milhões de reais, cujos recursos teriam que ser supridos pelo mecanismo de cobrança, a pretender-se uma gestão de recursos hídricos auto-sustentada, na bacia.

O custo marginal foi determinado tanto pelo método de longo prazo (*incremental cost*) quanto pelo método de racionamento. Quanto à água bruta captada e/ou consumida, o custo marginal de racionamento foi igual a R\$ 0,25 por metro cúbico de água, bem maior que o custo marginal de longo prazo, que foi de $\text{R\$ } 1,81 \times 10^{-2}$ por metro cúbico de água. Em termos de carga

orgânica diluída, o custo marginal de racionamento foi avaliado em R\$ 0,05 por kg de DBO, menor que o custo marginal de longo prazo, o qual foi igual a R\$ 0,12 por kg de DBO.

O QUADRO 3.4 resume todas as simulações de preços ótimos pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Pirapama. Esse quadro compara o sistema de preços sem qualquer restrição (segunda coluna), com aquele que restringe os preços pelo uso da água para irrigação e geração de energia elétrica aos seus respectivos preços de reserva, de forma a enquadrar tais preços à capacidade de pagamento de seus usuários (terceira coluna). O estudo também considera uma política de preços ótimos que isenta a cobrança pelo uso da água para geração de energia elétrica (quarta coluna), fato esse que se justificaria em uma situação atípica de racionamento de energia elétrica.

Quadro 3.4: preços ótimos pela utilização da água por modalidade de uso para a Bacia do Pirapama sem e com restrição

Usos	Sem restrição	Com restrição	
		Cap. de pagamento	Isentando a EE
Abastecimento humano ⁽¹⁾	1,68x10 ⁻²	2,13x10 ⁻²	2,15x10 ⁻²
Abastecimento industrial ⁽¹⁾	8,85x10 ⁻²	1,04x10 ⁻¹	1,04x10 ⁻¹
Irrigação ⁽¹⁾	8,86x10 ⁻²	9,51x10 ⁻³	9,51x10 ⁻³
Geração de energia elétrica ⁽¹⁾	3,36x10 ⁻²	2,24x10 ⁻³	-
Fertirrigação ⁽²⁾	1,31x10 ⁻²	1,57x10 ⁻²	1,58x10 ⁻²
Diluição de efluentes industriais ⁽²⁾	8,88x10 ⁻³	1,09x10 ⁻²	1,10x10 ⁻²
Diluição de esgotamento sanitário ⁽²⁾	2,62x10 ⁻³	3,34x10 ⁻³	3,38x10 ⁻³

FONTE: Carriero-Fernandez (2000).

⁽¹⁾ R\$/m³; ⁽²⁾ R\$/kgDBO

O impacto da cobrança pelo uso da água para os usuários de água potável foi avaliado, separando-se os consumidores em dois grupos: os de baixa renda e os de renda média-alta. Estimou-se que a cobrança pelo uso da água bruta aumentará a conta de água do usuário de baixa renda em R\$ 0,19, o que significa um acréscimo da ordem de 4,1% no seu gasto mensal com água. Por outro lado, o consumidor de classe de renda média-alta terá um aumento médio de R\$ 0,59, o que representa um acréscimo de 1,9% no valor da conta mensal de água. Além do mais, o valor pelo uso da água para diluição de esgotamento sanitário, que foi de R\$ 0,25, contribuirá para aumentar o gasto do consumidor em 5,4%, no grupo de renda baixa, e 2,5% no grupo de renda média-alta.

Portanto, o impacto agregado da cobrança desses dois preços pelo uso da água (abastecimento público e diluição de esgotamento sanitário) sobre a conta de água e esgoto dos consumidores de água potável é bastante significativo. No caso dos consumidores de baixa renda, a implementação da cobrança com base nos preços ótimos significaria um aumento de 9,6% no gasto desses consumidores. Já para os consumidores de renda média-alta, a implementação desses preços representaria um acréscimo de 4,3% no dispêndio com água e esgoto dos mesmos. Isso significa que o impacto dessa cobrança sobre o consumidor mais pobre é mais de duas vezes superior ao impacto sobre o orçamento do consumidor de classe de renda média-alta.

Tendo em vista que o preço ótimo pelo uso da água para irrigação foi restrito ao preço de reserva (ou custo de oportunidade) da água nesse uso, então a cobrança se situa, pelo menos em teoria, dentro da capacidade de pagamento dos irrigantes. No entanto, o impacto da cobrança sobre o custo da produção agrícola da região será bastante significativo, face as baixas margens de lucro da maioria dos produtos agrícolas. A implementação da cobrança pelo uso da água para irrigação com base na política de preços ótimos significará cobrar dos irrigantes a quantia de R\$ 9,54 por 1.000 m³ de água captada. Isso representará uma redução na margem de lucro dos irrigantes (em relação à agricultura de sequeiro) da ordem de 70%. Essa redução é bastante significativa e só poderá ser absorvida pelos irrigantes com a extinção das culturas menos rentáveis e a introdução de outras mais rentáveis. Isso significa que a cobrança pelo uso da água para irrigação terá um forte impacto sobre as culturas produzidas na área da bacia do Pirapama, de forma que deverá haver uma redução do leque de culturas irrigáveis na bacia, permanecendo apenas aqueles cultivares com margens maiores de lucro.

A cobrança pelo uso da água para geração de energia elétrica resultou em um acréscimo no custo de produção da ordem de R\$ 9,68 por mWh de energia elétrica produzida. Isso representará um significativo acréscimo de 28% no custo de produção das usinas hidrelétricas.

A cobrança pelo uso da água para abastecimento industrial implicará em um aumento de quase 24% do custo de captação das indústrias. A cobrança pelo uso da água para diluição de carga orgânica produzida pelas usinas através da prática da fertirrigação acarretará um acréscimo de 0,7% do custo de produção de álcool.

3.3 Rio Grande do Sul

O estudo realizado por Lanna e Pereira (1997) para a bacia hidrográfica do rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, objetivou subsidiar a formação do preço básico mínimo a ser adotado

para os usuários dessa bacia. Embora o estudo se ocupe em buscar a minimização da distribuição dos custos da cobrança em relação ao custo de controle da poluição, a metodologia utilizado nesse estudo é *ad hoc*. A grande virtude desse estudo foi desagregar a indústria por setores de atividade, ao invés de trabalhar de forma agregada, como nos estudos anteriores.

Nesse modelo, os preços básicos mínimos são determinados de modo a maximizar uma relação mínima entre o preço básico de cada parâmetro (ou poluente) e o seu excesso de emissão sobre um padrão desejado, sujeito a uma relação inversa entre custos de controle de cada fonte poluente e o seu custo de cobrança. Os preços básicos mínimos variam positivamente com o custo e a necessidade de controle do poluente. Isso significa que o diferencial entre o preço básico mínimo e o excesso de emissão, embora seja mínimo, é arbitrário. Em consequência, o volume de recurso exigido para financiar os investimentos necessários para controle da fonte poluente é também arbitrário, uma vez que esse diferencial é determinado por tal volume de recursos.

O QUADRO 3.5 apresenta algumas simulações de custo com base em cenários alternativos de subsídios à poluição difusa. Pode-se observar que o impacto sobre o custo operacional das empresas varia muito pouco do cenário 1, o qual não inclui nenhum subsídio cruzado às fontes difusas causadas pelo setor rural, para o cenário 3, no qual a indústria subsidia integralmente a agropecuária e paga integralmente os custos da poluição difusa. Tendo em vista ser pequena essa diferença, os autores recomendam que se exclua o setor rural na fase de implementação da cobrança, eliminando, assim, os altos custos políticos associados a essa inclusão.

Quadro 3.5: impacto da cobrança da água por poluição no setor industrial da Bacia dos Sinos -
rs (em % do custo operacional)

Setores industriais	Cenários		
	1	2	3
Couros, peles e similares	0,20	0,20	0,21
Bebidas e Alcool	0,02	0,02	0,02
Têxtil	1,61	1,63	1,66
Alimentos	1,40	1,42	1,45
Química e petroquímica	0,00	0,00	0,00
Metalmúrgica e siderurgia	0,0002	0,0002	0,0002
Celulose, papel e papelão	0,0003	0,0003	0,0003
Unidade pública	1,40	1,42	1,45

FONTE: Lanna e Pereira (1997)

Esta seção desenvolve uma metodologia que permite avaliar os impactos diretos e indiretos da cobrança pelo uso da água sobre agregados da economia brasileira, decorrentes de alterações nos custos de utilização e produção de seus usuários. O procedimento metodológico delineado a seguir, ao considerar toda a cadeia produtiva e ultrapassar os limites regionais e estaduais, possibilita analisar os diferentes efeitos setoriais e suas repercussões sobre alguns agregados macroeconômicos regionais e nacional. Além do mais, a metodologia proposta permitirá hierarquizar na bacia hidrográfica os segmentos com maiores impactos a montante e a jusante, vez que poderá ser testada a sensibilidade desses impactos em relação à diferentes metodologias de preços, setores de atividade econômica e localização geográfica dos empreendimentos usuários da água. Pode-se também simular cenários alternativos de escassez relativa dos recursos hídricos e usos alternativos dos aquíferos, estimando fatores compensatórios que minimizem os impactos sobre os macro agregados regionais.

4.1 A construção das matrizes de relações intersetoriais

Descreve-se, a seguir, a construção de Matrizes de Relações Intersetoriais — MRIs, que incorporem as ponderações atribuídas aos gêneros de atividades usuárias da água, possíveis de cobrança pelo seu uso, explicitando os efeitos agregados a partir das bacias hidrográficas consideradas.

A existência de matrizes atualizadas de impactos diretos e indiretos articuladas às atividades de bacias hidrográficas permitirá estimar os efeitos cruzados e multiplicadores resultantes dessa cobrança, avaliando os efeitos sinérgicos encadeados — para a frente e para trás — sobre agregados relevantes como produto, renda, emprego, arrecadação tributária, potencial exportador, entre outros. Entre todos esses destacam-se os efeitos agregados e cumulativos sobre os índices de preços.

A construção dessas matrizes é operacionalizada a partir da combinação de dados secundários desagregados, produzidos e divulgados pelo IBGE, além de estatísticas sobre agregados regionais e estaduais processados por outras fontes. Dados primários serão introduzidos apenas na medida em que sejam necessários para melhor caracterizar especificidades das tecnologias adotadas em processos produtivos das bacias em análise¹⁴.

Para cada uma das atividades econômicas usuárias da água, são analisadas as principais características, a evolução nos últimos anos, a formação de cadeias produtivas e a inserção dessas atividades no mercado (Czamanski & Ablas, 1979; Holub et alii, 1985; Bergman & Feser, 1999). Nessa etapa, além de informações sobre cadeias produtivas específicas disponíveis em estudos setoriais, consideram-se também informações oriundas da matriz de insumo-produto. A adoção de métodos que combinem processos de aproximações sucessivas com a utilização de *proxis*, em projeções setoriais de cada bacia hidrográfica, são ajustadas mediante a utilização da técnica *shift-share* (Bar-Eliezer 1986 e 1993; e Deutsch & Syrquin, 1989). Este procedimento permite levar em consideração a riqueza de informações qualitativas disponíveis com respeito às bacias hidrográficas estudadas, mantendo-se, no entanto, a consistência quantitativa no âmbito nacional.

A construção dessas *proxies* segue os seguintes passos (BNDES, 2000). Sejam V uma variável *proxy* de um dado setor e $V(k)$ o valor dessa variável para o município k . Fixa-se uma determinada bacia hidrográfica j , entre, por exemplo, 9 bacias ($j = 1, 2, \dots, 9$), e um determinado setor i , entre, por exemplo, 10 setores: ($i = 1, 2, \dots, 10$), associado a V . Admitindo-se que à bacia hidrográfica j pertença a municípios contidos em "n" diferentes estados E_1, E_2, \dots, E_n , então:

$$PIB96(i, j) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k \in \{j \cap E_i\}} V(k) / \sum_{k \in E_i} V(k) \right) \cdot (PIB_do_Setor_i_em_E_i)$$

Essa equação representa a estimativa do PIB do setor i na bacia hidrográfica j , em 1996, chamado de $PIB96(i, j)$, calculada a partir dos dados do PIB por setor e por estado referente a 1996 e da *proxy* V (Silva, Considera, Valadão & Medina, 1996). Desse modo,

$$PIB96 = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^9 PIB96(i, j)$$

onde $PIB96$ é o valor do PIB agregado para as bacias consideradas em 1996.

Para valores referentes a anos diferentes de 1996, as estimativas devem ser coerentes com esses dados. Para obtê-las, constrói-se:

$$Y(i, j) = PIB96(i, j) / PIB96$$

que são as frações relativas ao PIB do setor i na bacia hidrográfica j , em 1996, com relação ao $PIB96$. Conhecidas as frações $Y(i, j)$ para todos os pares (i, j) , poder-se-ia estimar $PIB(i, j)$ de qualquer ano próximo, a partir do produto entre as $Y(i, j)$ e o PIB do

ano. A normalização de $Y(i,j)$ para cada setor fixado i faz-se através da construção de $W(i,j)$, ou seja:

$$W(i,j) = Y(i,j) / \sum_{j=1}^n Y(i,j)$$

Verifica-se que $W(i,j)$ representa, para um dado ano, a fração do PIB do setor i que é produzida na bacia hidrográfica j . Naturalmente, para cada setor i :

$$\sum_{j=1}^n W(i,j) = 1$$

Pode-se, por exemplo, estimar o PIB do setor i na bacia hidrográfica j , em 1997, a partir dos dados do PIB nacional por setor referentes a 1997, a partir da equação:

$$PIB97(i,j) = W(i,j) \cdot (PIB97)$$

A operação acima explicita a seguinte hipótese: fixado um determinado setor, a participação relativa do PIB em cada bacia hidrográfica em 1997 é a mesma observada em 1996. Dada a proximidade entre os dois instantes de tempo, essa hipótese parece bastante aceitável. Finalmente, tem-se que:

$$PIB97 = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^n PIB97(i,j)$$

e

$$PIB97(.,j) = \sum_{i=1}^{10} PIB97(i,j)$$

onde $PIB97(.,j)$ é a estimativa do PIB da bacia hidrográfica j , em 1997. Pode-se dizer que as estimativas do PIB de cada bacia hidrográfica, a partir da última equação acima, se constitui em grau de liberdade que assegura a coerência entre as proporções obtidas em 1996 (para cada par setor i e bacia hidrográfica j) e os valores agregados do PIB de cada setor i em 1997.

Com as ponderações do PIB acima descritas, para cada atividade e em cada bacia hidrográfica, pode-se construir uma MRI que sintetize e reflita as atividades usuárias de água. Torna-se possível executar ensaios, através de simulações com o uso da MRI, que evidenciem impactos diferenciados sobre a economia, com estrutura alternativas de cobrança pelo uso da água. A matriz-síntese permite inúmeras possibilidades de análises interessantes, como veremos a seguir. Esta abordagem permite, também, o estudo dos efeitos positivos e negativos entre as empresas das bacias hidrográficas da amostra

e o restante da economia, propiciando análises mais completas dos impactos da cobrança do recurso água, e permitindo aos órgãos reguladores um aperfeiçoamento da gestão dos recursos hídricos.

4.2 Análise, procedimentos e simulações

Componentes importantes do moderno processo de industrialização são reveladas pelo essencial mecanismo de interdependência descrito pelas matrizes de relações intersetoriais e em tabelas de contas sociais. A análise de impactos, atualização de coeficientes tecnológicos e a evolução das relações intersetoriais tem recentemente voltado a ser um tema de crescente interesse de analistas econômicos.

A abordagem original, proposta por Chenery e outros nos anos 1950s (Chenery, 1953; Chenery & Watanabe, 1958; Chenery & Clark, 1959), foi estendida em vários estudos subsequentes (Carter, 1970; Long Jr., 1970; Ohkawa & Rosovsky, 1973; Song, 1977; Matthews et alli., 1982; Harrigan et alli., 1980; Deutsch & Syrquin, 1989, entre outros). A comparação estrutural com referência aos perfis produtivos regionais, ou em sua evolução no tempo, ganhou novos ângulos com as contribuições de Harrigan et alli (1980), Torre (1993), Sonis (1994), Sonis & Hewings (1998) e Guo & Hewings (2001).

Para iniciar, faz-se a caracterização dos setores-chave para estabelecer as hierarquias dos encadeamentos (*linkages*) a jusante e a montante dos setores de atividades presentes nas matrizes-síntese. Os setores-chave são aqueles que têm elevados encadeamentos para a frente e para trás, isto é, seus efeitos multiplicadores são maiores do que 1. Isto significa que mudanças — como as introduzidas pela cobrança da água — nos setores-chave devem ter uma influência acima da média no restante da economia. A partir do trabalho seminal de Rasmussen (1956), segue-se as linhas avançadas por Hewings (1982) e Sonis et alli (1997):

Seja $A=[a_{ij}]$ a matriz de coeficientes técnicos obtida pelos procedimentos anteriormente descritos. Sejam

$$B = (I - A)^{-1} = [b_{ij}]$$

a matriz inversa de Leontief, a ela associada, e B_j e B_i os multiplicadores de coluna e de linha da inversa de Leontief, ou seja:

$$B_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}, \quad B_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}$$

Seja V a *intensidade global* da matriz inversa de Leontief:

$$V = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n b_{ij}$$

Rasmussen (1956) propôs dois tipos de índices, retirados a partir da matriz inversa de Leontief. O primeiro é chamado de *poder de dispersão dos encadeamentos a montante* (para trás), BL_j , sendo definido por:

$$BL_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i,j=1}^n b_{ij}} = \frac{\frac{1}{n} B_{.j}}{\frac{1}{n^2} V} = \frac{B_{.j}}{\frac{1}{n} V}$$

E o segundo é denominado de *índice de sensibilidade da dispersão dos encadeamentos a jusante* (para a frente), FL_i , o qual é definido por:

$$FL_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i,j=1}^n b_{ij}} = \frac{\frac{1}{n} B_{i.}}{\frac{1}{n^2} V} = \frac{B_{i.}}{\frac{1}{n} V}$$

Calculando-se esses índices para as bacias hidrográficas em análise, chega-se à hierarquização dos setores-chave em cada uma delas. Cabe agora compará-las. Para tanto, utiliza-se a técnica da *matriz multiplicadora* M , proposta por Sonis et alii (1997)¹⁵, a qual é definida por:

$$M = \frac{1}{V} [B_i B_j] = \frac{1}{V} \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{pmatrix} (B_1 \quad B_2 \quad \dots \quad B_n) = [m_{ij}]$$

É evidente que os multiplicadores de linhas e colunas da M são os mesmos da matriz inversa de Leontief original:

$$\sum_{j=1}^n m_{ij} = \frac{1}{V} \sum_{j=1}^n B_i B_j = B_i$$

$$\sum_{i=1}^n m_{ij} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n B_i B_j = B_j$$

Portanto, a estrutura da MDM está essencialmente conectada com as propriedades de encadeamento a montante e a jusante. As linhas e colunas da matriz M podem ser rearranjadas de acordo com as magnitudes dos valores dos encadeamentos a montante e a jusante, do maior para o menor, com o objetivo de estruturar hierarquicamente efeitos a montante (nas colunas) e a jusante (nas linhas). Assim é possível construir “*perspectivas econômicas regionais*” que forneçam uma visão sumarizada da estrutura econômica de cada bacia hidrográfica analisada. Torna-se possível, portanto, comparar essas diferentes *perspectivas* de bacias hidrográficas, para detectar graus de diferenciação das estruturas produtivas e dinâmica diferenciada na utilização da água. Uma análise detalhada, setor a setor, pode fazer destacar essas características¹⁶.

Com esses procedimentos pode-se calcular, para cada bacia hidrográfica, os impactos diretos e indiretos sobre diversos agregados econômicos. Além do mais, pode-se ensaiar e simular os efeitos gerados por estruturas de preços geradas por métodos microeconomicamente distintos, descritos anteriormente, colaborando para formar juízo de valor pragmático sobre qual dos métodos adotar na regulamentação da cobrança pelo uso da água.

5. Considerações adicionais e conclusões

Objetivando mapear os vários estudos de impactos da cobrança pelo uso da água no país, este trabalho analisou as várias metodologias existentes de formação de preços pelo uso da água, fazendo uma incursão rápida na literatura brasileira sobre a cobrança pelo uso da água. Tendo em vista que ainda não há um consenso sobre o referencial metodológico a ser utilizado para formação de preços pelo uso da água, procurou-se, com base na teoria econômica, formar um juízo de valor a respeito das várias metodologias alternativas de cobrança pelo uso da água, confrontando suas vantagens e desvantagens.

Algumas dessas metodologias se destacaram pelo rigor teórico e pela preocupação com os prováveis impactos negativos sobre a economia, de forma que tentam corrigir ou minimizar as possíveis distorções que a cobrança poderia trazer para a sociedade. Como não existe benefício sem custo, o maior rigor metodológico que envolve tais metodologias, em geral, exige uma maior preparo do analista e uma elaboração computacional mais detalhada. No entanto, contrariando as expectativas, observa-se uma generalizada preferência por aquelas metodologias mais fáceis de serem implementadas, geralmente ad

hoc, relegando-se o rigor científico a um plano secundário, quando este deveria preponderar sobre qualquer elemento de escolha. O problema é que, com esses procedimentos não científicos, que tratam os desiguais de forma igual, a cobrança pelo uso da água pode acabar penalizando certos setores usuários, com fortes impactos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva, e gerar graves repercussões na economia.

Já existe no país uma clara preocupação com a questão dos efeitos da cobrança pelo uso da água sobre os vários setores usuários. Alguns trabalhos têm procurado avaliar os impactos dessa cobrança sobre os setores usuários. O problema é que estes têm se limitado a medir apenas os impactos diretos, desconsiderando completamente os impactos indiretos que, ao afetarem toda a cadeia produtiva e ultrapassarem os limites regionais, podem estabelecer repercussões sobre a economia muito mais significativas.

Visando preencher essa lacuna, desenvolveu-se um procedimento metodológico apropriado para avaliar os impactos diretos e indiretos da cobrança pelo uso da água sobre agregados da economia brasileira, decorrentes de alterações nos custos de utilização e produção de seus usuários, considerando toda a cadeia produtiva e ultrapassando os limites regionais e estaduais. Dessa forma, chega-se a estimativas mais precisas dos reais impactos da cobrança pelo uso da água sobre a economia regional do que aquelas que consideram apenas os impactos diretos da cobrança sobre seus usuários. Essa maior precisão permite que as instituições e órgãos gestores dos recursos hídricos estabeleçam medidas corretivas de rumo e ações compensatórias que minimizem os impactos negativos sobre a economia regional.

O instrumental apresentado permite hierarquizar os segmentos usuários com maiores impactos o montante e a jusante, além do que possibilita testar a sensibilidade desses impactos frente a diferentes metodologias de cobrança pelo uso da água, setores de atividade econômica e localização geográfica dos empreendimentos usuários da água. Essa flexibilidade permite que o procedimento metodológico desenvolvido possa ser utilizado por todas as comitês de bacia ou agências de águas, independentemente das metodologias adotadas para nortear a formação dos preços pelo uso da água.

Ao oferecer um modelo de simulação de impactos diretos e indiretos da cobrança pelo uso da água, espera-se que este trabalho possa contribuir para melhorar o gerenciamento dos recursos hídricos no país, na medida que permite aos comitês de bacias e agências de águas um conhecimento mais acurado das repercussões econômicas regionais.

Referências bibliográficas

ATKIN, R.H. Mathematical structures in human affairs. Heineman Educational, London. 1974

BACHARACH, M. Biproportional matrices and input-output change. Cambridge, Cambridge University Press 1970.

BAR-ELIEZER, S. The role of input-output tables as an implement to reconcile basic economic statistics - the case of Israel. In A. Franz and N. Rainer (eds) Problems of compilation of input-output tables, Schriftenreihe der Osterreichischen Statistischen Gesellschaft, Band 2, Orac-Verlag, Wien, pp. 87-99. 1986

_____. Principles of construction of Israel input-output tables. International Workshop on Structural Change and Economic Adjustment using input-output and Social Accounting Analysis, Israel, June 23, 1993.

BAUMOL, W.; BRADFORD, D. Optimal departures from marginal cost pricing. American Economic Review, v. 60, 1970.

BERGMAN, E. M.; FESER, E. J. Industrial and regional clusters: concepts and comparative applications. Regional Science WebBook (www.rri.wvu.edu/WebBook). 1999.

BNDES – Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento: Identificação de Oportunidades de Investimentos Públicos e/ou Privados – PBA/CN-01/97 – Setembro de 2000.

CARRERA-FERNANDEZ, José. Cobrança e preços ótimos pelo uso e poluição das águas de mananciais. Revista Econômica do Nordeste, v. 28, n. 3, p. 249-277, 1997.

_____. Cobrança pelo uso da água em sistemas de bacias hidrográficas: o caso da bacia do rio Pirapama em Pernambuco. São Paulo: Economia Aplicada, São Paulo: v. n.3, 2.000c.

CARRERA-FERNANDEZ, Jose; GARRIDO, Raymundo-José. O instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: teorias e metodologias. Economia, v.2, n.2. Campinas, 2000b.

CARTER, A. P. Structural Change in American Economy. Cambridge, Harvard University Press. 1970

CHENERY, H.B. Regional Analysis, In: Chenery, H. B.; Clark, P.G.; Cao-Pinna, V. (eds) *The Structure and Growth of the Italian Economy*, 1953.

CHENERY, H.B.; CLARK, P.G. *Interindustry Economics*. 1959.

CHENERY, H.B. e WATANABE, T. International Comparisons of the Structure of Production, *Econometrica*, 26:487-521. 1958

COASE, Ronald. The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*, v.3, n.1, 1960.

CONSÓRCIO ICF KAISER-LOGOS. *Cobrança pelo uso da água*. 1998. (Reprodução Restrita)

CZAMANSKI, S.; ABLAS, L. A. Q. Identification of industrial clusters and complexes: a comparison of methods and findings. *Urban Studies*, 16, p. 61-80. 1979.

DAMÁSIO, João. e FAGUNDES M.E. Emprego industrial na Bahia: coeficientes diretos e indiretos Anais do XVI Encontro Nacional de Economia - ANPEC Belo Horizonte 1988.

_____. Propagação Intersetorial dos Índices de Preços: Uma Simulação do INPC e IPCA para a Bahia - em Anais de Econometria - ROMÃO M. (Org.) - Ed UFPE - Recife - 1992.

DAMÁSIO, João; VALVERDE, R. Estrutura tecnológica e os setores-chave para o desenvolvimento da indústria baiana. Anais do X Encontro Brasileiro de Econometria - Belo Horizonte - 1988.

DAMÁSIO, João; CRUZ, R.; VALVERDE, R. Construção de matrizes interindustriais regionais: o exemplo da Bahia - em Anais do XV Encontro Nacional de Economia - ANPEC - Salvador - 1987.

DAMÁSIO, João et alli. *Matrizes Agregadas da Indústria Baiana, 1978-1985* Secretaria de Indústria e Comércio - Bahia - 1993.

_____. *Matrizes Agregadas da Indústria Baiana, 1978-1991* Secretaria de Indústria e Comércio - Bahia - 1994.

DEUTSCH, J.; SYRQUIN, M. Economic development and the structure of production, *Economic Systems Research*, 1:447-464. 1989.

DOMINGUES, E. P.; HADDAD, E.A.; HEWINGS, G.J.D.; PEROBELLI, F. Structural changes in the Brazilian interregional economic system, 1985-1997: holistic matrix interpretation - REAL — Discussion Paper 01-T-7 August, 2001.

FUNDAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO ADMINISTRATIVO (FUNDAP). Cobrança do uso da água — subsídios para a implantação. Relatório Preliminar. São Paulo: Convênio DAEE/FUNDAP, 1991.

_____. Cobrança do uso da água. Relatório Final. São Paulo: Convênio DAEE/FUNDAP, 1993.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS (FIPE). Elaboração de estudo para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos do Estado de São Paulo — proposta técnica. São Paulo: Convênio FIPE/Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)/Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S. A. (CENEC), 1993.

_____. Elaboração de estudo para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos do Estado de São Paulo — análise das metodologias de preços médios. Relatório Parcial RP 04 — Rev. 01. São Paulo: Convênio FIPE/Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)/Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S. A. (CENEC), 1995b.

_____. Elaboração de estudo para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos do Estado de São Paulo — pesquisa de disposição a pagar. Relatório Parcial RP 06 — Rev. 01. São Paulo: Convênio FIPE/Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)/Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S. A. (CENEC), 1995d.

GARRIDO, Raymundo-José, CARRERA-FERNANDEZ, José. Metodología para la determinación de los precios óptimos y cobro por el uso y contaminación de las cuencas de Paraguaçu e Itapicuru (Brasil). In: DELGADO, C. D, ALBERICH, M. V. E. (Eds). Contribuciones al manejo de los recursos hídricos en America Latina. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México, 1997.

GUILHOTO, J.J.M. Análise Inter e Intra-Regional das Estruturas Produtivas das Economias do Nordeste e do Resto do Brasil: 1985 e 1995 Comparados. Departamento de Economia e Sociologia Rural - ESALQ - USP, Mimeo. 1998.

GUILHOTO, J. J. M.; SONIS, M.; HEWINGS G. J. D. Productive relations in the Northeast and the rest of Brazil regions in 1995: decomposition and synergy in input-output systems - REAL — Discussion Paper 00-T- 3 February, 2000.

GUO D., HEWINGS G. J. D. Comparative analysis of China's economic structures between 1987 and 1997: an input-output prospective - REAL — Discussion Paper 01-T- 04 - May, 2001.

HARRIGAN, F.; MCGILVAY J. W.; MCGILLICOLL I. A comparison of regional and national technical structures, *Economic Journal*, 90: 795-810. 1980.

HEWINGS, G. J. D. The Empirical Identification of Key-sectors in an Economy: a Regional Perspective. *The Developing Economies*, 20: 173-195. 1982.

HOLUB, H.W.; SCHNABL, H.; TAPPEINER, G. Qualitative Input-Output Analysis with Variable Filter. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 141: 282-300. 1985.

LANNA, A. E., PEREIRA, J. S. *Sacuarema — sistema de apoio a cobrança pelo uso da água e de recursos do meio ambiente*. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas/ UFRS, 1976.

LONG, N.B. Jr., An input-output comparison of the economic structure of the U. S. and the USSR, *Review of Economics and Statistics*, 52: 434-441. 1970

LOUCKS, D. P; STEDINGER, J. R; HAITH, D. A. *Water resources systems planning and analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1981.

MAGALHÃES, A.; SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D. Regional competition and complementarity reflected in Relative Regional Dynamics and Growth of GSP: a Comparative Analysis of the Northeast of Brazil and the Midwest States of the U.S, In: Guilhoto, J.J.M.; Hewings, G.J.D. (eds) *Structure and Structural Change in the Brazilian Economy* - Ashgate, 2000

MESNARD, L. Biproportional Method for Analyzing Interindustry Dynamics: The Case of France. *Economic Systems Research*, 2, 271-293. 1990

_____. Unicity of Biproportion, *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 2, 15,p. 490-495. 1994.

_____. A Biproportional Filter to Compare Technical and Allocation Coefficient Variations, *Journal of Regional Science*, 37, 541-564. 1997.

MIYAZAWA, K. Foreign trade multiplier, input-output analysis and the consumption function, *Quarterly Journal of Economics* 74, 53-64. 1960

_____. Internal and external matrix multipliers in the input-output model. *Hitotsubashi Journal of Economics*, 7 (1) , pp. 38-55. 1966

_____. Input-output analysis and interrelational multiplier as a matrix, *Hitotsubashi Journal of Economics* 7, 39-58. 1968

_____. input-output analysis and the structure of income distribution. New York, Springer-Verlag. 1976

RASMUSSEN, P. Studies in inter-sectoral relations. Copenhagen: Einar Harks. 1956.

SCHNABL, H. The Evolution of Production Structures, analyzed by a Multi-Layer Procedure. *Economic System Research*, 6:51-68. 1994

SILVA, A; CONSIDERA, C; VALADÃO, L. e MEDINA, M. - Texto no. 424, Produto Interno Bruto por Unidade da Federação — IPEA - 1996

SONIS, M. Q-analysis of migration streams: spatio-temporal invariability and relative logistic dynamics. 35th North American Meeting of the Regional Science Association, Toronto, Canada. 1988.

SONIS, M. e HEWINGS, G.J.D. Theoretical and applied input-output analysis: a new synthesis. Part I: Structure and Structural Changes in input-output Systems. *Studies in Regional Science*, 27: 233-256. 1998.

_____. Introduction to Input-output Structural Q-Analysis. Discussion Paper 2000-T-01, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois, Urbana, IL. 2000a.

_____. Expanded Miyazawa Framework: Labor and Capital Income, Savings, Consumption, and Investment Links — REAL — Discussion Paper 00-T-14 - December, 2000b.

SONIS, M.; HEWINGS, G.J.D.; e BRONSTEIN, A. Structure of fields of influence of economic changes: case study of changes in the Israeli economy. Discussion Paper 94-T-10, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois, Urbana, IL. 1994.

SONIS, M.; HEWINGS, G.J.D. e MIYAZAWA, K. Synergetic interactions within the pair-wise hierarchy of economic linkages sub-systems. Hitotsubashi Journal of Economics, 38, December. 1997.

TORRE, A. *Filières* and structural change. Anatomy of the alterations of the French productive structure over the period 1970-1986. Trabalho apresentado na 10th International Conference on input-output Techniques, Seville, Spain. 1993.

Notas

¹ A legislação brasileira já prevê que a grande totalidade dos recursos financeiros coletados com a cobrança pelo uso da água devem ser investidos necessariamente pelas instituições e órgãos gestores 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. Transferências de recursos de uma bacia hidrográfica para outra só devem ser contempladas quando houver transposições de água que justifiquem tais transferências.

² Os modelos econômicos são ditos de equilíbrio parcial se o alcance da análise restringe-se a apenas um setor usuário ou uma modalidade de uso da água (produção ou consumo), não sendo levado em consideração os outros setores usuários ou modalidades de uso.

³ As formas funcionais são, respectivamente:

$$F(v'X) = e^{v'X} / (1 + e^{v'X})$$

$$F(v'X) = \Phi(v'X) = \int_{-\infty}^{v'X} (1/2\pi)^{1/2} e^{-t^2/2} dt$$

onde $\Phi(v'X)$ representa a função de densidade normal cumulativa.

⁴ O preço de reserva da água, p^j , é o máximo valor que os usuários estariam dispostos a pagar, ficando indiferentes entre continuar a consumir a água do manancial em questão ou buscar uma alternativa menos custosa que cause o mesmo efeito. O qual é definido por:

$$p^j(x_j) = \int_0^{x_j} p_j(x_j) dx_j$$

onde x é a quantidade demandada de água no uso j e p é o seu preço. O preço de reserva corresponde à altura da curva de demanda tudo ou nada.

⁵ No equilíbrio geral, todos os setores usuários são levados em consideração na análise da sustentabilidade do sistema hídrico.

⁶ O custo marginal de longo prazo, CMg^{lp} , é definido da seguinte forma:

$$CMg^{lp} = \frac{\sum_{t=0}^T (I_t + R_t) / (1 + \rho)^t}{\sum_{t=0}^T x_t / (1 + \rho)^t}$$

onde I_t é o investimento (ou amortização do investimento) no ano t , R_t são os custos de operação e manutenção no ano t , x_t é a captação incremental de água bruta ou redução da carga orgânica no ano t , ρ é o custo de oportunidade do capital (ou taxa social de desconto) e T é o horizonte de planejamento.

⁷ O custeio do sistema hídrico deve incluir os custos de gestão propriamente ditos, manutenção da infra-estrutura operacional, além de dos investimentos atuais e futuros necessários para garantir a oferta e a qualidade da água a todos os seus usuários múltiplos.

⁸ O custo marginal de gerenciamento pode ser definido por:

$$CMg^g = (1-P)CMe + P \sum_j C(x_j^r)$$

onde P é a probabilidade média de racionamento de água em qualquer ano por; x_j^0 é a quantidade de água racionada no uso j por unidade de tempo; CMe é o custo operacional da unidade marginal; e $C(x_j^r)$ é o custo de racionamento da água no uso j . O custo unitário de racionamento de x_j^0 metros cúbicos de água corresponde a redução do bem-estar dos usuários ao serem racionados, o qual pode ser estimado por:

$$C(x_j^r) = P p(x_j^* - x_j^r) + (1-P) p(x_j^*)$$

onde $p(x_j^*)$ é o valor (ou custo de oportunidade) da água fora do racionamento e $p(x_j^* - x_j^r)$ é o valor da água no racionamento, no uso j .

⁹ Os preços ótimos pelo uso da água em um sistema de bacia hidrográfica são determinados a partir da solução do seguinte sistema de equações:

$$\begin{aligned} (p_j^* - CMg_j) / p_j^* &= \alpha \epsilon_j, \quad j = 1, \dots, n \\ \sum p_j^* x_j - C &= 0 \end{aligned}$$

onde p_j^* é o preço ótimo da água na modalidade de uso j , a ser determinado; x_j é a respectiva quantidade de água demandada do sistema hídrico após os investimentos programados terem sido feitos; CMg_j é o custo marginal de gerenciamento no uso j , o qual pode ser avaliado por qualquer uma das duas metodologias (convencional ou de racionamento); ϵ_j é a elasticidade-preço da demanda por água no uso j , em valor absoluto; C é o custo total do órgão gestor no gerenciamento da bacia, o qual inclui a amortização dos investimentos planejados para expandir a quantidade e

a qualidade da água na bacia; e α é uma constante de proporcionalidade que reflete a diferença relativa entre benefícios e custos marginais, a ser determinada.

¹⁰ Ressalte-se que, na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba e Capivari, existem duas situações jurídicas distintas, porquanto estes são rios de domínio da União e do estado, respectivamente.

¹¹ Se a oferta de água for supostamente fixa, ou seja, vertical ao nível determinada pelas condições naturais, o preço será determinado pela própria curva de demanda, ou seja, pela disposição a pagar dos usuários. Vale ressaltar que, nesse caso, admite-se não ser possível expandir a oferta de água através de investimentos, o que parece ser um pressuposto pouco realista.

¹² Investimento desejável é aquele necessário para otimização da disponibilidade de água, tanto em termos de quantidade, quanto qualidade.

¹³ O impacto da cobrança pelo uso da água sobre os vários usuários foi avaliado, admitindo-se que a demanda por água nos vários usos fosse completamente inelástica (vertical), de modo que os usuários continuariam consumindo a mesma quantidade, qualquer que fosse o valor a ser cobrado.

¹⁴ A construção metodológica de atualização de coeficientes técnicos pode ser feita através de processos iterativos associados ao modelo RAS (Bacharach, 1970 e Mesnard, 1990, 1994, 1997), assim como fazendo-se uso das técnicas de regionalização de matrizes de insumo-produto segundo a metodologia normalizada pelo ONU. A esse respeito veja-se Damásio et alii (1993), Guilhoto (1998), Guilhoto et alii (2000), Magalhães et alii (2000) e Domingues et alii (2001).

¹⁵ A matriz multiplicadora, também chamada de MPM (*multiplier product matrix*), fornece, na verdade, uma técnica de visualização das diferenças entre estruturas industriais.

¹⁶ Um desdobramento imediato possível seria a adição de *fatiamento* das matrizes, ao longo da chamada Análise-Q, propostas em Miyazawa (1960, 1966, 1968, 1976), Sonis (1988) e Sonis & Hewings (2000a, 2000b).

