

A nova política nacional de recursos hídricos e a regulação dos setores de águas e energia elétrica*

José Carrera-Fernandez[§]

RESUMO

Este trabalho estuda a questão da utilização conjunta dos recursos hídricos no Brasil, tomando-se como referência a nova legislação brasileira estabelecida para o setor. Analisam-se as interações entre os setores de águas e de energia elétrica, através de suas agências reguladoras, e determina-se o equilíbrio em subjogos, para o caso em que essas agências agem de forma independente, de acordo com o novo desenho estabelecido para esses dois setores. Ao serem estabelecidas algumas hipóteses plausíveis, conclui-se que haverá seguramente uma redução na produção agrícola de irrigação, mas poderá ou não haver uma redução na geração de energia elétrica. No entanto, quando o nível de geração de energia elétrica é garantido, cria-se uma situação mais distorciva para a sociedade, tendo em vista que esta é induzida a adotar uma alocação menos eficiente, que penaliza mais fortemente o consumo de água para a agricultura irrigada e para o abastecimento público, em benefício da geração de energia elétrica.

Palavras-chave: princípio dos usos múltiplos dos recursos hídricos, abastecimento de água, irrigação, geração de energia elétrica, cobrança pelo uso da água, agências reguladoras, equilíbrio perfeito em subjogos.

ABSTRACT

This paper studies the question of joint utilization of water resources in Brazil, taking into account the new legislation established for this sector. The interactions between the sectors of bulk water and electrical energy are analyzed through their regulatory agencies, and the perfect equilibrium in sub games are determined for the case in which these agencies act independently, in agreement with the new design set up for these two sectors. After being settled down some plausible hypotheses, this paper concludes that there will be a reduction in the activity of irrigation agriculture, but may or may not be a decrease of electricity power generation. Nevertheless, when the level of electricity power generation is warranted, it will be created a larger distortion situation to the society, because the economy is induced to take a less efficient allocation, which penalizes more strongly the consumption of bulk water for agriculture irrigation and public supply in benefit of the electricity power generation.

Key words: multiple use principle of water resources, water supply, irrigation, power electricity generation, charging for water resources, regulatory agencies, perfect equilibrium in sub games.

JEL classification: Q25, Q28, Q48, C72, L51, L52, L22, L23, L14.

* O autor agradece ao Prof. Raymundo S. Garrido, Secretário de Recursos Hídricos do MMA, por importantes informações e reflexões referentes à nova legislação dos recursos hídricos, sem as quais este trabalho não seria possível, assim como ao Prof. Hamilton Ferreira Jr., pela leitura atenta e por significativos comentários e sugestões, mas se responsabiliza por qualquer erro que porventura possa existir.

§ Professor do Curso de Mestrado em Economia da Universidade Federal da Bahia e PhD* pela The University of Chicago. carrera@ufba.br

1 Introdução

Desde o início do século XX o setor de energia elétrica vem sendo privilegiado pela administração pública federal como usuário prioritário dos recursos hídricos, sem que houvesse uma maior preocupação com os outros setores usuários da água, que hoje se encontram restringidos pela utilização energética dos recursos hídricos. No entanto, foi a partir da edição do Código de Águas em 1934 que o setor elétrico brasileiro se consolida como grande usuário dos recursos hídricos. A criação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), em 1945, e sobretudo a criação das Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS), em 1961, contribuíram decisivamente para a expansão da geração hidrelétrica no Brasil, tornando esse setor fortemente dependente da base nacional de recursos hídricos. A consequência é que hoje mais de 95% de toda a energia elétrica gerada no Brasil provém de fontes hidráulicas.¹

Outros setores da economia, alguns fortemente dependentes dos recursos hídricos, receberam grande impulso a partir da década de setenta. Aí aparece a agricultura irrigada como a maior usuária consuntiva da água, além do imenso programa de saneamento básico que se realizou no País nesse mesmo período, ainda que com grande atraso e sem atacar de frente um de seus vieses mais fortes, que é o esgotamento sanitário. Esses setores usuários passaram a se opor ao tratamento assimétrico estabelecido pela administração pública federal na questão da utilização dos recursos da água. Começa, então, a florescer no Brasil o chamado **princípio dos usos múltiplos**, o qual veio a se contrapor à tradição brasileira no uso desses recursos, segundo os interesses do setor de energia elétrica, que deixava todas as demais modalidades de uso subordinadas às ações desse setor. Segundo esse importante princípio, os recursos hídricos devem situar-se equidistantemente acessível a todos os setores interessados em seu uso, dando-se o predomínio, em cada bacia ou região hidrográfica, à modalidade que, comprovadamente, permitir a obtenção dos maiores níveis de benefícios sociais líquidos. (Carrera-Fernandez, 2000a)

É inquestionável a importância da energia elétrica como setor estratégico da economia brasileira. Mas reconhece-se também que essa importância foi bem mais acentuada na

1 Outros países, como, por exemplo, a França, a Alemanha e os Estados Unidos, optaram por outras fontes de geração, especialmente a nuclear e a térmica. Essa opção do governo brasileiro pela geração hidrelétrica, em detrimento de outras fontes de geração, foi inicialmente motivada pela forte dependência brasileira de energia externa e, mais tarde, pelos riscos de acidentes nucleares e suas graves consequências para a sociedade. Além do mais, os baixos custos de geração hidrelétrica e a enorme malha hidrográfica brasileira com grande potencial hidro-energético contribuíram decisivamente para a escolha dessa fonte energética.

época em que o País iniciava o desenvolvimento de sua indústria, o segmento que mais consome energia. Não se pode esquecer que outros setores da economia brasileira são também fortemente dependentes da base nacional de recursos hídricos, de modo que a geração de energia elétrica não pode e não deve ser a única prioridade, mesmo porque a hidreletricidade acarreta um custo significativo para a sociedade. A despeito do uso da água para geração de eletricidade ser considerado como uso não consuntivo dos recursos hídricos, a geração hidráulica de energia restringe o uso dos recursos da água a montante da geração, indisponibilizando grandes quantidades desses recursos que poderiam estar sendo utilizados em outras finalidades,² assim como provoca perdas consideráveis por evaporação nos espelhos de água dos reservatórios de regularização da vazão, as quais podem comprometer significativamente a sustentabilidade dos sistemas hídricos.³ Portanto, a geração hidráulica de energia, além de representar um potencial para conflitos entre usuários múltiplos pelo uso da água, impede o crescimento sustentável de certas regiões, principalmente pela restrição imposta à expansão da agricultura irrigada.

De fato, a agricultura irrigada e em certa extensão o abastecimento urbano são grandes competidoras da geração hidráulica pelo uso da água em sistemas hídricos. Esse é o caso, por exemplo, da bacia hidrográfica do rio São Francisco, principal fonte de geração de energia elétrica para o Nordeste. As usinas hidrelétricas aí construídas inviabilizam a expansão de uma extensa área de terras potencialmente irrigáveis por meio de expressivos projetos de irrigação, exclusivamente pelos riscos que tais projetos imporiam à geração hidrelétrica. Além do mais, a produção de energia elétrica nos níveis atuais torna inviável qualquer projeto de transposição de suas águas para os Estados do Nordeste setentrional, o qual só poderia ser viabilizado por meio de volumosos investimentos em audaciosos projetos de reversão de bacias.

O problema que se apresenta é que a água, embora seja um recurso natural renovável, é um bem cada vez mais escasso e mais valioso. Considerando-se que a água vem se tornando um bem estratégico para o desenvolvimento nacional, este estudo chama a atenção para a necessidade de se implementar, com certa urgência, ações regulatórias e instrumentos eficientes de gestão que busquem uma alocação mais apropriada dos recursos hídricos

2 Estima-se que cada metro cúbico de água por segundo retirado da bacia do rio São Francisco represente uma redução na produção de energia elétrica de ordem de 2,5 MWano ou 0,29 KWh. (Carrera-Fernandez, 2001) Isto significa que cada KWh de energia elétrica gerado pelo setor restringe a vazão a montante do ponto de produção em cerca de 3,45 m³/s.

3 As perdas totais por evaporação nos reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica, Paulo Afonso e Xingó, importantes hidrelétricas do sistema Nordeste, correspondem a 290,84 m³/s ou 9,2 bilhões de metros cúbicos de água por ano. (Carrera-Fernandez, 2001)

entre os seus múltiplos usuários. É verdade que conflitos pelo uso da água sempre existirão, mas é também preciso criar mecanismos eficientes para mitigá-los.

Este estudo se insere no contexto da utilização múltipla dos recursos hídricos e do debate que se estabeleceu sobre a atual política de alocação da água bruta para geração de energia elétrica em bacias hidrográficas do domínio da União e dos Estados, onde já existem algumas contribuições importantes. Tentando aprofundar um pouco mais o conhecimento a respeito dessas e de outras questões correlatas, este trabalho estuda as conseqüências da nova legislação para o funcionamento do setor de recursos hídricos do País, no contexto do seu novo desenho de regulação e da sua interdependência com o setor de energia elétrica.

O modelo utilizado neste estudo segue as diretrizes daquele apresentado em Dias, Bezerra e Ramos (2000), mas amplia o escopo da análise para incluir importantes questões que ainda não foram devidamente analisadas. Nessa modelagem, faz-se uso da noção de equilíbrio perfeito em subjogos, com informação perfeita e estratégias associadas a comportamentos otimizadores a partir de qualquer nó, induzindo assim um equilíbrio de Nash em todos os subjogos. (Selten, 1975)

Além dessa introdução, este trabalho está estruturado em cinco seções. Na segunda seção apresentam-se algumas características que conferem à água o *status* de bem público, justificando assim a necessidade da ação regulatória do Estado como forma de melhorar a sua alocação entre os múltiplos usuários. A seção seguinte contém uma breve análise da legislação recentemente aprovada que regulamenta o setor de recursos hídricos no Brasil, a qual sinaliza para uma perspectiva mais realista de planejamento e gestão desses recursos, mas continua apresentando certas características que tendem a promover uma alocação ineficiente desses recursos na economia. Na quarta seção desenvolve-se um modelo que simula a interação entre os três maiores usuários competidores pelo uso dos recursos hídricos em um sistema de bacia hidrográfica, que são a geração de energia elétrica, a agricultura irrigada e o abastecimento urbano. Nesse modelo, as agências reguladoras se comportam de forma independente, norteadas pelo princípio da racionalidade e de acordo com a nova legislação que regulamenta a matéria. Em seguida, determina-se o equilíbrio em subjogos e analisam-se os impactos sobre a alocação dos recursos hídricos entre esses setores usuários. A última seção contém as conclusões e considerações finais do trabalho, esperando que o mesmo possa contribuir para subsidiar as políticas públicas de gestão dos recursos da água no País, melhorando, assim, a alocação desses recursos na economia.

2 Os usos múltiplos e a regulação dos recursos hídricos

Um dos maiores debates econômicos na atualidade gira em torno da capacidade ou incapacidade do mecanismo de mercado sem regulação servir melhor aos propósitos da sociedade, tanto individual quanto coletivamente. Em outras palavras, a questão é saber até que ponto seria melhor e mais eficiente que o mecanismo de mercado se encarregasse de alocar os recursos na economia, e a partir de que ponto seria mais eficiente que essa alocação fosse feita pelo setor público, por meio de uma agência reguladora democraticamente estabelecida.

A teoria econômica neoclássica enfatiza que a alocação de recursos via mecanismo de mercado é eficiente sob o ponto de vista econômico se, além da existência do próprio mercado, certas condições ideais prevalecerem, tais como: (i) perfeito conhecimento de todos os agentes com relação às alternativas disponíveis no mercado; (ii) perfeita mobilidade de recursos; (iii) custos marginais crescentes; (iv) bens exclusivos; (v) ausência de bens públicos; e (vi) direitos de propriedade dos recursos bem definidos. Uma condição imprescindível para uma alocação eficiente dos recursos da água é a própria existência de mercados de água bruta ou pelo menos mercados de direito de uso da água, além, é claro, dessas outras condições ideais listadas acima. Infelizmente, tanto a água quanto os mercados, onde a água poderia ser ofertada e demandada, não satisfazem a essas condições ideais.

De fato, os mercados de água bruta são, em geral, rudimentares ou, em muitos casos, não existem. Este é o caso específico do Brasil, onde não existe absolutamente mercado de águas, no qual se transacione o direito de uso da água bruta e muito menos o direito de propriedade. Neste contexto, a oferta de água bruta é fruto exclusivo da natureza e a demanda revelada é estabelecida de forma compulsiva. A inexistência de mercados de água bruta ou de direitos de uso da água já se configura, portanto, como condição suficiente que justifica a regulação do setor.

Algumas características da água são responsáveis pela não adequação dos seus mercados. Entre elas destacam-se a mobilidade, as economias de escala, a variabilidade de oferta, a propriedade de solvente, o uso seqüencial e a complementaridade de uso. Todas essas características conferem à água o enquadramento no grupo de bens públicos, estabelecendo um forte componente de interdependência entre usuários múltiplos. Além de criarem enormes dificuldades para implementar o direito de propriedade e até mesmo o simples direito de uso da água, essas características causam, via de regra, custos marginais sociais maiores do que o custo marginal privado. Essas características, por si só, já justificam a aplicação de algum mecanismo de regulação por parte do poder público.

A ação do poder público é geralmente justificada nos casos onde as demandas reveladas e a oferta não são capazes de contabilizar os verdadeiros custos e benefícios sociais (ou contabilizam apenas parte desses custos e benefícios). Este é o caso específico dos recursos da água, os quais se apresentam com fortes características de bem público, além de causarem efeitos externos tecnológicos no consumo e na produção. Nesse caso, a regulação pode ser necessária tanto para assegurar o nível socialmente ótimo de produção e consumo quanto para corrigir distorções não desejáveis na alocação dos recursos, com ganhos para toda a sociedade. No entanto, a intervenção por parte do poder público na alocação dos recursos da água é também suscetível a falhas, de modo que a combinação de um sistema de mercado com ações regulatórias pode ser uma solução mais apropriada em um mundo caracteristicamente imperfeito.

A manutenção de grandes projetos hidrelétricos em sistemas hídricos com a utilização plena de importantes projetos de irrigação e crescentes demandas por água para abastecimento urbano pode tornar-se fonte de conflitos pelo uso da água, principalmente se esses usos consuntivos localizam-se a montante das usinas hidrelétricas. Isso porque a geração hidráulica de energia restringe o uso dos recursos hídricos a montante da geração, os quais poderiam estar sendo utilizados em outras finalidades, principalmente na agricultura irrigada. Além disso, a própria regularização da vazão, operação necessária para manutenção da capacidade de geração, indisponibiliza grandes quantidades de água a jusante, ao provocar perdas por evaporação nos espelho de água dos reservatórios de regularização. Por outro lado, a captação dos recursos hídricos para irrigação e abastecimento público, ao reduzir o fluxo desses recursos a jusante, também reduz a capacidade de geração de energia elétrica das usinas hidrelétricas já construídas.

A ação regulatória por parte do Estado é justificada sempre que existir a possibilidade de conflitos pelo uso da água como forma de garantir os direitos individuais de cada usuário. No entanto, para que a regulação crie condições de melhorar a alocação dos recursos da água é necessário que seja assegurado um tratamento simétrico a todos os seus usuários, dando-se o predomínio sobre o uso da água àquele setor usuário que comprovadamente obtiver o maior benefício social líquido. Essa é, de fato, a essência do princípio dos usos múltiplos dos recursos hídricos. Ademais, a implementação do mecanismo de outorga de direito de uso da água com base nesse importante princípio de gestão dos recursos hídricos demandaria das agências reguladoras alguma forma de cooperação.

A interação entre as agências reguladoras desses dois setores usuários competidores pelo uso da água, como é o caso da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da

Agência Nacional de Águas (ANA), exigirá do poder público capacidade e flexibilidade suficientes para estabelecer regras claras e eficientes de repartição dos recursos hídricos entre eles e implementar instrumentos eficazes de gestão, que possibilitem uma convivência harmoniosa dessas agências, bem como internalizem os efeitos externos que cada setor usuário causa ao outro. A legislação brasileira que regulamenta o setor de águas tem avançado bastante nesse sentido e tem criado condições favoráveis para que exista uma maior cooperação entre esses dois importantes setores. No entanto, como será visto a seguir, alguns avanços na legislação ainda são necessários para que seja alcançada uma alocação mais eficiente dos recursos hídricos entre seus múltiplos usuários. A seguir faz-se um breve comentário sobre a nova legislação que regula o setor.

3 A nova legislação para o setor dos recursos hídricos

A política energética brasileira foi, durante muito tempo, emanada do poder central, por disposição constitucional, subordinando ao setor elétrico os critérios de decisão sobre o uso das águas de todos os rios do Brasil. A prova mais contundente desse fato foi a convivência dentro de um mesmo órgão, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), dos setores de águas e de energia elétrica. A implicação disto é que, sendo o setor elétrico um usuário dos recursos hídricos, este departamento não pode outorgar, com a isenção necessária, o direito de uso da água nos casos em que entre os interessados em um mesmo manancial estiver presente, na condição de usuário, o setor de energia elétrica.

No entanto, com a extinção do DNAEE e o surgimento da ANEEL e, mais recentemente, com a criação da ANA, a sociedade brasileira tem manifestado certa esperança no sentido de que essa distorção possa ser corrigida. Mesmo porque, com a promulgação da Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997 - que organiza o setor de recursos hídricos no País - e principalmente com a legislação que cria a ANA⁴ esse setor ganhará certo poder e independência administrativa. Ademais, parece que haverá uma certa inversão de prioridades, no sentido de que o setor de energia elétrica estará subordinado, de certa forma, ao setor de recursos hídricos, no que concerne às questões de outorga de direito de

4 Foi aprovado pela Comissão de Assuntos Econômicos do Senado, no dia 7 de junho de 2000, o projeto de criação da ANA, autarquia autônoma, administrativa e financeiramente, que passará a desenvolver a Política Nacional de Recursos Hídricos e terá a incumbência de outorgar o uso dos recursos hídricos da União, regular os serviços de água concedidos à iniciativa privada, implementar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos em bacias do domínio da União, definir as condições de operação de reservatórios e traçar planos para minimizar os efeitos das secas e inundações, entre outras.

uso das águas de domínio da União e de cobrança pelo uso desses recursos para a geração de energia elétrica.⁵

De acordo com a nova legislação para o setor de recursos hídricos, que acaba de ser aprovada e sancionada, as outorgas destinadas à geração de energia elétrica, que na legislação anterior eram de competência exclusiva da União (exceto nos casos de transferência de suas atribuições aos Estados), mas que em última instância eram decididas pelo setor elétrico, deverão ser agora decididas pela ANA, a qual deverá analisar o pleito em função das disponibilidades dos sistemas hídricos pleiteados.

Outro ponto importante nessa nova legislação que regula o setor de águas é que o setor elétrico deverá contribuir com 0,75% do valor comercial da energia elétrica gerada⁶ a título de pagamento pelo uso da água na geração de energia elétrica. Está previsto que do total de recursos provenientes dessa cobrança, 92,5% serão destinados à própria bacia hidrográfica,⁷ como forma de financiar os custos de operação, manutenção e investimentos, enquanto que os 7,5% restantes serão destinados à ANA, para financiar o seu próprio custeio.

Embora essa cobrança represente um avanço no sentido de se melhorar a alocação dos recursos hídricos, a forma como essa cobrança foi proposta na nova legislação (ou seja, com porcentual fixo) pode não corrigir as distorções na alocação dos recursos na economia. A razão é que, nas bacias hidrográficas com balanço hídrico crítico, os recursos financeiros provenientes dessa cobrança podem ser inferiores aos recursos necessários para o gerenciamento eficiente da bacia. Por outro lado, para aquelas bacias com um excedente hídrico (balanço hídrico favorável), os recursos transferidos seriam maiores do que o necessário para que as distorções na economia fossem corrigidas. Para que se pudesse garantir uma maior eficiência na alocação dos recursos, o pagamento pelo uso da água na geração hidrelétrica deveria ser calculado com base no custo de oportunidade da água, o qual depende das múltiplas formas de utilização na bacia, além de variar de bacia para bacia.

5 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. Com exceção da cobrança de uma taxa pelo uso da água na geração de energia elétrica com potência instalada mínima de 30 MW, a título de compensação financeira pela inundação de áreas e *royalties*, no Brasil a utilização da água bruta para outras finalidades tem tido preço zero.

6 Estima-se que o volume de recursos a ser pago pelo setor elétrico para essa finalidade seja da ordem de R\$ 170 milhões.

7 Deve-se ressaltar que esses recursos só serão repassados às bacias hidrográficas que tiverem seus Planos Diretores aprovados pelo Comitê de Bacia.

Felizmente, da forma como a nova legislação foi redigida, ficou aberta uma lacuna para que o setor de recursos hídricos possa pleitear pagamentos adicionais ao setor elétrico toda vez que a cobrança pelo uso da água para essa finalidade estiver aquém do valor fixado por lei (0,75% do valor comercial da energia elétrica produzida). Segundo as orientações atuais que norteiam a metodologia de cobrança pelo uso da água, especialmente para geração de energia elétrica, os preços pelo uso desse recurso deverão ser avaliados pelo setor de recursos hídricos de acordo com o custo de oportunidade desta na bacia hidrográfica, observando-se o equilíbrio geral do sistema hídrico e o custeio do mesmo. Isso significa que as distorções podem se dar toda vez que o valor transferido não corresponder ao valor efetivamente avaliado. Por outro lado, quando o inverso ocorrer, não haveria mecanismo de correção da distorção, uma vez que a ANA não iria pleitear o recebimento de valores menores (porém justos), quando esta teria a opção de receber um valor maior (institucionalmente garantido).

Vale a pena também registrar que na nova legislação brasileira o potencial hidráulico,⁸ que na legislação anterior era considerado como bem público, deixa efetivamente de existir. O bem econômico passa a ser então a própria água.⁹ Essa foi uma mudança acertada, tendo em vista que ela caminha na direção de uma maior aplicabilidade do princípio dos usos múltiplos dos recursos hídricos, uma vez que a ANA (e não a ANEEL - agência que regula um dos usos da água) seria isenta, podendo julgar melhor e com justiça como repartir os recursos hídricos entre os múltiplos usos.

4 O modelo

O modelo considera os três maiores setores usuários e competidores dos recursos hídricos, que são a geração de energia elétrica, a agricultura irrigada e o abastecimento urbano, os quais interagem por meio da ANA, órgão responsável pela regulação do setor de recursos hídricos, e da ANEEL, entidade reguladora do setor elétrico.¹⁰

8 O potencial hidráulico é definido pelo produto da altura, vazão e de um fator k.

9 Esse foi um dos importantes pontos levantados pelo Secretário de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, o Prof. Raymundo Garrido, nas longas conversas e reflexões sobre o tema.

10 A ANEEL tem um papel duplo no novo desenho do setor elétrico, ou seja, atuando como agente do Estado, encarregado da celebração dos contratos de concessão, e como órgão arbitral, responsável por dirimir divergências não somente entre os agentes do mercado elétrico como também entre estes e o Estado, inclusive fixando as tarifas. Por outro lado, a ANA terá um papel importante no novo desenho do setor de recursos hídricos na medida em que passará a desenvolver a Política Nacional de Recursos Hídricos e terá a incumbência de outorgar o uso dos recursos hídricos da união, regular os serviços de água concedidos à iniciativa privada, implementar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos em bacias do domínio da União, entre outras.

Na interação entre os vários setores usuários da água faz-se uso da noção de equilíbrio perfeito em subjogos, o qual pressupõe estratégias resultantes de comportamentos ótimos por parte dos participantes. Um perfil de estratégias $x_j^* = \{x_j^*(t), x_j^*(t+1), \dots, x_j^*(t+n)\}$ é um equilíbrio perfeito em subjogos se ele induz um equilíbrio de Nash em cada subjogo do jogo completo. Nesse ambiente competitivo pelo uso da água, supõe-se que as agências reguladoras têm perfeita informação¹¹ e agem de forma independente. Essa hipótese parece razoável, tendo em vista que cada agência procura defender seus interesses.

Deve-se ressaltar que até bem pouco tempo cabia ao setor elétrico os critérios de decisão sobre o uso das águas de todos os rios do Brasil. No entanto, com a criação da ANA, o setor de energia elétrica passa, de certa forma, a ser “subordinado” ao setor de recursos hídricos, pelo menos no que concerne à questão da outorga de direito de uso das águas de domínio da União,¹² assim como no que se refere à cobrança pelo uso dos recursos hídricos para geração de energia elétrica. A prova mais contundente disso é que para licitar a concessão ou autorização de potencial de energia hidráulica em corpos de água de domínio da União a ANEEL deverá promover, com a ANA, a previa obtenção de declaração de reserva de disponibilidade hídrica.

Nesse modelo, o setor de energia elétrica interage com o setor de recursos hídricos pelo uso da água nos vários sistemas de bacias hidrográficas que utiliza para geração. Para produzir energia elétrica, as firmas geradoras demandam água do setor de recursos hídricos, cujo recurso está garantido por contratos de outorga de direito de uso, estabelecidos entre as firmas e a ANA, por interveniência da ANEEL. As firmas geradoras determinam os níveis ótimos de geração em função dessas outorgas, tomando a tarifa de energia elétrica como dada, a qual é estabelecida pela própria ANEEL. Em contrapartida, o setor elétrico transfere um percentual fixo sobre o valor de energia elétrica gerada, a título de pagamento pelo uso dos recursos hídricos.

Além dos contratos de outorga de direito de uso da água com o setor elétrico, o setor de recursos hídricos terá que analisar os pleitos de outorga e repartir a disponibilidade hídrica com os outros setores usuários, entre os quais destacam-se a irrigação, grande usuário dos

11 Deve-se ressaltar que em jogos dinâmicos com informação perfeita o conjunto dos equilíbrios perfeitos em subjogos coincide com o conjunto dos equilíbrios de Nash obtidos por indução reversa. Isso permite concluir que a noção de equilíbrio perfeito em subjogos prediz perfeitamente o resultado desse jogo. (Mas-Colell, Winston e Green, 1995)

12 Sobre essa questão, a nova legislação prevê que as outorgas de direito de uso de recursos hídricos dadas pela ANA para concessionárias e autorizadas de geração de energia elétrica deverão vigorar por prazos coincidentes com os dos correspondentes contratos de concessão.

recursos hídricos, e o abastecimento urbano, o qual tem, por força de lei, prioridade no uso desses recursos. Em contrapartida, esses setores usuários pagam pelo uso da água, de acordo com os preços estabelecidos pelo setor de recursos hídricos. Supõe-se que a cobrança pelo uso da água é norteadada pela metodologia de preços ótimos,¹³ tomando-se por base os custos de gerenciamento do setor e os recursos transferidos pelo setor elétrico.

O problema que se apresenta é que a geração hidráulica de energia restringe o uso dos recursos da água a montante da geração, indisponibilizando uma certa quantidade de água que poderia ser utilizada em outras finalidades, principalmente na agricultura irrigada, além de provocar perdas por evaporação nos reservatórios de regularização da vazão. Por outro lado, as captações de água a montante das usinas hidrelétricas para irrigação e abastecimento urbano reduzem a vazão do manancial, podendo afetar negativamente a capacidade de geração de energia, principalmente nos horários de pico de consumo de energia elétrica.

4.1 O setor de energia elétrica

Ao longo da evolução da estrutura tarifária do setor elétrico brasileiro podem ser distinguidos dois períodos distintos. No primeiro, que vai da criação do Código de Águas, em 1934, até 1981, o setor elétrico estava mais preocupado, pelo menos em tese, com a sua auto-sustentabilidade financeira. Essa preocupação ficou evidenciada ao ter sido adotada pelo setor, para formação das tarifas de energia elétrica, o regime de serviço pelo custo médio. No entanto, em um setor caracterizado pela grande abrangência econômica e social, como é o caso da energia elétrica, a tarifa de eletricidade foi, durante todo esse período, amplamente utilizada no Brasil como mecanismo de política governamental, com objetivos financeiros, econômicos e políticos não raramente conflitantes. Nesse passado não muito distante, os objetivos políticos que nortearam as tarifas de energia elétrica mostraram-se contraditórios e incompatíveis com os objetivos distributivo e principalmente econômico. Em realidade, tais objetivos estiveram muito aquém da competência dos governantes, os quais foram freqüentemente tentados a utilizar tais tarifas como instrumentos de políticas industrial, distribuição de renda, controle inflacionário, entre outros.

13 Para mais detalhes a respeito dessa metodologia, veja-se Carrera-Fernandez (2000b) e Carrera-Fernandez e Garrido (2000b).

Só a partir de 1982, com o Decreto nº 86.463, de 13 de outubro de 1981, é que o setor passa a preocupar-se com a eficiência econômica, ao adotar o princípio da tarifação pelo custo marginal de longo prazo ou custo incremental médio. (DNAEE, 1985)¹⁴ No entanto, um traço marcante durante todo esse período foi a forte regulamentação do Estado nos serviços de energia elétrica e a intensa intervenção governamental na estrutura tarifária do setor. Deve-se ressaltar, entretanto, que a partir de 1993, com a Lei nº 8.631/93 e o Decreto nº 774/93 que a regulamentou, as tarifas de fornecimento aos consumidores finais e de suprimento entre concessionárias passaram a ser propostas pelas próprias empresas, com base nos seus custos marginais de longo prazo, e homologados pelo DNAEE. (Secretaria de Energia, Transporte e Comunicações, 1994)

Diante das constantes crises financeiras por que passou o setor elétrico nacional nessas duas últimas décadas, tudo leva a crer que a **renda econômica** embutida na tarifa de energia elétrica brasileira, estabelecida pelo custo marginal de longo prazo, não foi suficiente para garantir os investimentos necessários à expansão do sistema. A prova disto foram os problemas enfrentados pelo setor para expandir a capacidade de oferta do sistema e atender satisfatoriamente à crescente demanda por energia elétrica.

4.1.1 A agência reguladora do setor de energia elétrica

Conforme avançado anteriormente, o sistema elétrico brasileiro é formado basicamente de grandes usinas hidrelétrica, as quais dependem fortemente da base de recursos hídricos do País, e apresentam um componente sazonal bastante significativo. Em consequência, o mercado de energia terá necessariamente que levar em consideração as incertezas relacionadas à dependência da disponibilidade de água dos sistemas hídricos. Devido ao comportamento estocástico da disponibilidade hídrica, a geração hidráulica de energia não pode ser prevista perfeitamente *a priori*. O fato é que os reservatórios de regularização das usinas hidrelétricas, além de disporem de capacidade limitada, apresentam grandes variações sazonais, limitando assim a capacidade do sistema de suprir energia de forma sustentável. Felizmente, as sazonalidades hídricas das usinas hidrelétricas brasileiras são distintas, de modo que existe uma certa complementaridade entre as empresas geradoras atuando em distintos pontos em uma mesma bacia ou em diferentes bacias hidrográficas.

14 A diferença entre o custo marginal de longo prazo e o custo marginal efetivamente incorrido é considerada como **renda** (ou **quase-renda**) econômica atribuída à escassez de energia elétrica, e estabelecida como forma de garantir os recursos necessários para futuros investimentos no setor no sentido de aumentar a capacidade instalada do sistema.

Isso permite uma maior confiabilidade do sistema elétrico nacional sempre que as usinas geradoras forem tratadas de forma global e agregada.

Em um sistema predominantemente hidrelétrico, como é o caso do Brasil, sempre existe a possibilidade de racionamento no fornecimento de energia elétrica resultante de uma redução na capacidade de geração. Uma forma de eliminar a possibilidade desses racionamentos seria sobredimensionar o parque de geração do sistema, o que significaria aumentar o custo de geração do sistema. No entanto, desde que existe a possibilidade de montagem de um sistema integrado com complementaridade entre usinas, é sempre possível minimizar os impactos da sazonalidade hídrica, maximizando a confiabilidade do suprimento hidrelétrico e minimizando os custos de geração.

O mercado de energia descrito acima está de acordo com o mercado a vista, vislumbrado no novo modelo comercial para o setor elétrico,¹⁵ o qual é eminentemente centralizado. Nesse mercado, o preço é determinado pela própria agência reguladora, em função dos custos das usinas e de parâmetros previamente estabelecidos. Assim, admite-se que a agência reguladora de energia elétrica determina a tarifa de eletricidade, P_e , de modo a maximizar o excedente econômico (ou lucro) do setor, ou seja:

$$\max_{P_e} \pi = P_e y_e - c_e y_e - 0,0075 P_e y_e = 0,9925 P_e y_e - c_e y_e \quad (4.1.1.1)$$

onde y_e é o nível de produção agregado de energia elétrica (ou seja, $y_e = \sum_j y_e^j$, onde y_e^j é o nível de produção de energia elétrica da geradora j), c_e é o custo marginal de geração do setor, e $0,0075 P_e y_e$ é o pagamento pelo uso dos recursos hídricos ao setor de águas. Por simplicidade, supõe-se que a demanda por energia elétrica é especificada por:

$$y_e = \alpha_e - P_e \quad (4.1.1.2)$$

onde α_e é o consumo autônomo de eletricidade, ou seja, é a máxima quantidade que as distribuidoras estariam dispostas a demandar à tarifa zero. Assim, o problema de otimização acima pode ser reescrito da seguinte forma:

15 De acordo com a Lei nº 9.648/98 e o Decreto nº 2.655/98 que a regulamenta. O novo modelo comercial do setor elétrico foi concebido para envolver a iniciativa privada na expansão do setor, promovendo a inovação tecnológica e a eficiência econômica.

$$\max_{P_e} \pi = 0,9925P_e(\alpha_e - P_e) - c_e(\alpha_e - P_e) \quad (4.1.1.3)$$

donde obtém-se a seguinte tarifa de energia elétrica:

$$P_e^* = 1/2[\alpha_e + c_e / 0,9925] \quad (4.1.1.4)$$

O nível ótimo de produção de energia elétrica é encontrado substituindo-se esse preço na função de demanda, donde resulta:

$$y_e^* = 1/2[\alpha_e - c_e / 0,9925] \quad (4.1.1.5)$$

a partir da qual pode-se obter a quantidade de água utilizada na geração:

$$x_e^* = (1/2\gamma_e)[\alpha_e - c_e / 0,9925] \quad (4.1.1.6)$$

4.1.2 A geração de energia elétrica

No contexto do novo desenho do setor de energia elétrica brasileiro admite-se que as firmas tomam a tarifa de energia elétrica P_e^* como dada, a qual é estabelecida pela agência reguladora com base nos custos de geração, e produzem de acordo com a seguinte tecnologia:

$$y_e^j = \gamma_e^j x_e^j \quad (4.1.2.1)$$

onde x_e^j é a quantidade de água utilizada para produção de energia elétrica pela firma j e γ_e^j é o parâmetro de eficiência da geradora j , ou seja, o coeficiente que transforma água em energia elétrica.¹⁶ Embora as usinas hidrelétricas sejam fundamentalmente distintas, supõe-se implicitamente que as firmas detêm a mesma tecnologia e a mesma estrutura de custos. Esse fato não representa grande distorção, tendo em vista que qualquer diferença de custo em relação a firma marginal pode ser considerada como uma renda ou quase renda econômica imputada às geradoras mais eficientes.

16 Estima-se que para produzir cada KWh de energia elétrica as hidrelétricas na bacia hidrográfica do rio São Francisco necessitam, em média, de uma vazão correspondente a 3,45 m³/s. Isto significa que o parâmetro γ_e está em torno de 0,274.

A firma geradora determina o seu nível ótimo de produção de energia elétrica de modo a maximizar o seu lucro, ou seja:

$$\max_{y_e^j} \pi_e^j = P_e^* y_e^j - c_e^j y_e^j - 0,0075 P_e^* y_e^j = (0,9925 P_e^* - c_e^j) y_e^j \quad (4.1.2.2)$$

onde c_e^j é o custo marginal (privado) de produção de energia elétrica da firma j , o qual não inclui o pagamento pelo uso da água nessa finalidade (cujo valor estabelecido pela nova legislação é $0,0075 P_e^j$). Resolvendo-se esse problema de otimização, obtém-se a condição padrão para um ótimo:

$$0,9925 P_e^* - c_e^j = 0 \quad (4.1.2.3)$$

isto é, as firmas determinam seus níveis de geração de energia elétrica igualando o preço ao custo marginal “social” de produção (ou seja, $P_e^* = c_e^j / 0,9925$).

4.2 O setor de recursos hídricos

A gestão dos recursos hídricos é uma atividade econômica que traz consigo um custo marginal baixíssimo ou muito próximo de zero. Isso porque a água é um recurso natural renovável, de modo que o aumento na sua utilização, tanto no seu componente quantitativo quanto qualitativo, não está diretamente associado a um aumento no custo de oferta. No entanto, o gerenciamento dos recursos da água exige certos custos fixos resultantes de investimentos em projetos, obras e ações necessários para garantir a oferta desse recurso, além, é claro, dos custos de operação e manutenção do próprio sistema hídrico. Isto significa que os usuários terão que, de alguma forma, arcar com esses custos, sob pena de a oferta desse recurso ser reduzida, reduzindo, conseqüentemente, a sua utilização, com prejuízos para toda a sociedade. Nesse sentido, a cobrança pelo uso da água se justifica, funcionando, assim, como mecanismo de financiamento dos investimentos e custos imprescindíveis à atividade de gestão dos recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água é também justificada como forma de internalizar as externalidades negativas que os usuários dos recursos hídricos impõem aos demais usuários do sistema, ao utilizarem a água no consumo, como produto final, ou como insumo na produção. Assim, além de ser um dos instrumentos de gestão mais apropriados para induzir o uso racional dos recursos hídricos e combater o uso perdulário da água, a cobrança pelo

uso da água é também justificada como mecanismo de correção das distorções entre o custo social e o custo 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 em 1985, tem gerado uma grande quantidade de trabalhos e uma diversidade de metodologias no concernente aos mecanismos de formação de preços pelo uso dos recursos hídricos. 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 a formação de preços pelo uso da água.

De fato, atribuir um valor econômico à água não é tarefa fácil, visto que ela pode ser utilizada em uma grande gama de diferentes usos, desde a sua utilização como bem de consumo final até ao seu uso como insumo na produção industrial. São várias as metodologias de formação de valor ou preço de um bem público como a água (recurso natural renovável), com múltiplas características e especificidades que a diferenciam dos demais recursos naturais. Essas metodologias se fundamentam em uma gama de diferentes teorias econômicas. Todas essas metodologias buscam ou priorizam algum dos quatro objetivos básicos, ou seja: (i) buscar eficiência na alocação dos recursos hídricos; (ii) internalizar os custos sociais; (iii) refletir o verdadeiro custo de oportunidade da água em cada uso; e (iv) auto-sustentabilidade financeira, no sentido de gerar recursos financeiros suficientes para financiar o plano de investimento programado para a bacia. (Carrera-Fernandez e Garrido, 2000b)

No entanto, a metodologia de preços ótimos é a única que atende a todos esses objetivos e não apresenta as desvantagens das outras metodologias. Fundamentada na teoria do *second best*, a metodologia de preços ótimos reconhece, explicitamente, que em uma economia caracteristicamente marcada por uma série de distorções, longe de serem observadas as condições ideais para uma alocação ótima dos recursos, as condições preconizadas em *first best* (preço refletindo o custo marginal de produção¹⁷) podem não ser mais preferíveis, pois a economia pode se afastar ainda mais da fronteira Pareto ótimo. Além de não gerar ganhos nem perdas financeiras, não justificáveis sob o ponto de vista distributivo, a política de preços ótimos maximiza a diferença entre os benefícios e custos sociais e, ao mesmo tempo, minimiza os impactos distributivos na economia. Essa política de preços não afasta

17 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 maximiza o excedente líquido nessa atividade de gerenciamento, graves problemas distributivos podem ser introduzidos. Isto porque, na maioria das bacias o custo marginal de gerenciamento é muito pequeno em relação ao custo fixo. Esses problemas são superados pela metodologia de preço igual ao custo marginal de longo prazo.

a economia da fronteira Pareto ótimo, tão provável em uma política de preço igual ao custo marginal de longo prazo, assim como não cria ou amplia as distorções na utilização dos recursos hídricos, comumente associada com a política de preço igual ao custo médio.

Na metodologia de preços ótimos, a variação porcentual de preço em relação ao custo marginal é inversamente proporcional à elasticidade-preço da demanda. 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. Isto significa que a cobrança de preços diferenciados minimiza as distorções no consumo e na produção em relação aos seus níveis socialmente ótimos. 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 desejável auto-sustentabilidade financeira para o setor dos recursos hídricos.

Essa política de preços ótimos é derivada a partir da função de utilidade indireta de bem-estar da sociedade, a qual é especificada por:

$$v = v(p, M), \text{ com } \partial v / \partial p < 0 \text{ e } \partial v / \partial M > 0 \quad (4.2.1)$$

e faz-se uso da função de restrição orçamentária da sociedade (ou excedente econômico), a qual é definida por:

$$M(p) = \sum_j p_j x_j(p) - \sum_j c_j[x_j(p)] \quad (4.2.2)$$

onde p é o vetor de preços da economia, e $M(p)$ é a renda da comunidade, a qual depende do vetor de preços da economia. Para ser eficiente, a política de cobrança pelo uso da água deve descartar a possibilidade de perdas ou ganhos financeiros e restringir o órgão responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos a gerar um excedente econômico zero.

Assim, os preços são escolhidos de modo a maximizar a função de utilidade indireta, sujeito à restrição de que $M(p) = 0$.¹⁸ Resolvendo este problema de otimização, obtém-se a seguinte condição necessária para um ótimo interior:¹⁹

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

19 Supõe-se que a condição suficiente para um ótimo interior é também satisfeita.

$$\partial v/\partial p_j + \mu [p_j(\partial x_j/\partial p_j) + x_j - (\partial c_j/\partial x_j)(\partial x_j/\partial p_j)] = 0, \quad \forall_j \quad (4.2.3)$$

onde μ é o multiplicador de Lagrange, podendo ser interpretado como sendo a utilidade marginal da renda. Fazendo-se uso da identidade de Roy,²⁰ essa expressão pode ser reescrita, após algumas manipulações algébricas, da seguinte forma:

$$-x_j(\partial v/\partial M) + \mu x_j + \mu x_j \{ [p_j - (\partial c_j/\partial x_j)]/p_j \} \varepsilon_j = 0, \quad \forall_j \quad (4.2.4)$$

sendo que $\varepsilon_j = (\partial x_j/\partial p_j)(p_j/x_j) < 0$ é a elasticidade-preço da demanda do bem j. Alternativamente, a equação acima pode ser reescrita, de forma mais sugestiva, da seguinte maneira:

$$(p_j - m_j)/p_j = \beta (1/|\varepsilon_j|), \quad \forall_j \quad (4.2.5)$$

onde $m_j = -\partial c_j/\partial x_j$ é o custo marginal de gerenciamento no uso j e $\beta = 1 - (\partial v/\partial M)/\mu$ é uma constante de proporcionalidade que reflete a diferença relativa entre benefícios e custos marginais.

Essa condição apresenta um resultado interessante para a definição da estrutura de preços ótimos pelo uso da água. Ela estabelece que a variação porcentual de preço da água no uso j, em relação ao seu custo marginal, é inversamente proporcional à sua elasticidade-preço da demanda (em valor absoluto). Isto significa que quanto menor a elasticidade-preço da demanda em um determinado uso da água, maior o preço que deverá ser cobrado em relação ao custo marginal e vice-versa. Portanto, é cobrando preços diferenciados que a distorção no consumo e na produção em relação aos seus níveis ótimos é minimizada.²¹

A intuição por trás desse resultado, que até certo ponto é surpreendente, está fundamentada na teoria do “*second best*” de Lypsei e Lancaster (1956-7), 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 pode não ser mais desejável. Isto significa que 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

20 A qual estabelece que $(\partial v/\partial p_j)/(\partial v/\partial M) = -x_j$.

21 Esse resultado está em conformidade com a regra de Ramsay da teoria das finanças públicas, bem como segue a mesma linha daquele obtido em Baumol e Bradford (1970).

padrão de 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.

A grande vantagem da metodologia dos preços ótimos é que ela gera uma alocação eficiente, tanto sob o ponto de vista econômico quanto distributivo. A metodologia de cobrança com base nos preços ótimos é a única que atende a todos aqueles quatro objetivos básicos que uma metodologia deveria ter.

4.2.1 A agência reguladora de águas

Uma das atribuições da nova agência reguladora do setor de recursos hídricos é implementar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, orientando inclusive a escolha da melhor metodologia para determinação dos preços.

Assim, admitindo-se que a metodologia utilizada para implementar o instrumento de cobrança pelo uso dos recursos hídricos seja a de preços ótimos, então os preços pelo uso da água nesses usos seriam estabelecidos por:

$$p_i^* = \frac{m_i |\varepsilon_i|}{|\varepsilon_i| - \beta} \quad (4.2.1.1)$$

e

$$p_a^* = \frac{m_a |\varepsilon_a|}{|\varepsilon_a| - \beta} \quad (4.2.1.2)$$

onde m_i e m_a são os custos marginais do gerenciamento dos recursos hídricos para utilização na agricultura irrigada e no abastecimento urbano; $|\varepsilon_i|$ e $|\varepsilon_a|$ são as respectivas elasticidades preço da demanda²²; e β é a menor das raízes da equação quadrática resultante do sistema gerado pelas seguintes equações:

²² As elasticidades de demanda em cada modalidade de uso variam de bacia para bacia. No abastecimento humano, a elasticidade (em valor absoluto) pode variar de 0,26 a 0,86, enquanto que na irrigação elas variam de 0,02 a 0,94. Para mais detalhes a esse respeito, veja-se Garrido e Carrera-Fernandez (1997) e Carrera-Fernandez (2000c).

$$\begin{cases} \frac{p_j - m_j}{p_j} = \frac{\beta}{|\varepsilon_j|} \\ \sum_j p_j x_j + 0,0075 P_e^* y_e^* - M = 0 \end{cases} \quad (4.2.1.3)$$

onde M é o custo de gerenciamento do sistema hídrico e P_e^* e y_e^* são, respectivamente, o preço e o nível de produção de equilíbrio de energia elétrica.

De acordo com a nova legislação, a parcela que o setor elétrico terá que transferir ao setor de recursos hídricos, a título de cobrança pelo uso da água nessa finalidade de uso, corresponde a 0,75% do valor da energia produzida, ou seja, $p_e = 0,0075 P_e^* y_e^*$. Assim, substituindo-se a tarifa de eletricidade e o nível ótimo de produção de energia elétrica (determinados anteriormente) nessa expressão, obtém-se o preço pelo uso da água na geração hidrelétrica:

$$p_e = 0,0038(\alpha_e^2 - c_e^2) \quad (4.2.1.4)$$

4.2.2 O setor de abastecimento de água

Deve-se lembrar que de acordo com a legislação brasileira o abastecimento público de água potável tem prioridade de uso sobre qualquer outro setor usuário dos recursos hídricos. Por simplicidade, supõe-se que as firmas de abastecimento público produzem água potável com uma tecnologia linear, especificada da seguinte forma:

$$y_a = \gamma_a x_a \quad (4.2.2.1)$$

onde y_a é o nível de produção de água potável, x_a é a quantidade de água bruta e γ_a é o coeficiente técnico (parâmetro de eficiência) que transforma água bruta em água potável.²³ Supõe-se que as companhias de abastecimento atuam em mercados monopolísticos, enfrentando uma função de demanda linear, a qual é especificada por:

$$y_a = \alpha_a - P_a \quad (4.2.2.2)$$

23 As perdas de água no abastecimento público no Brasil correspondem a 33%, em média, mas em alguns casos podem até ultrapassar os 50%. Isso significa que o parâmetro γ_a está em torno de 0,67.

onde P_a é o preço da água potável no abastecimento público e α_a é o consumo autônomo de água tratada, ou seja, é a máxima quantidade que os usuários estariam dispostos a consumir ao preço zero.

A companhia de abastecimento público determina o seu nível ótimo de produção de água potável de modo a maximizar a sua função de lucro, ou seja:

$$\max_{y_a} \pi_a = P_a y_a - c_a y_a - p_a x_a = (\alpha_a - y_a) y_a - [c_a + (p_a^*/\gamma_a)] y_a \quad (4.2.2.3)$$

onde c_a é o custo marginal (privado) de produção de água potável, o qual não inclui o pagamento pelo uso da água²⁴; e p_a^* é o preço ótimo pelo uso da água no abastecimento público. Resolvendo-se esse problema de otimização, obtém-se o nível de produção ótimo de água potável:

$$y_a^* = 1/2 \{ \alpha_a - [c_a + (p_a^*/\gamma_a)] \} \quad (4.2.2.4)$$

Finalmente, substituindo-se o preço ótimo pelo uso da água no abastecimento urbano, estabelecido na expressão (4.2.1.2), na expressão (4.2.2.4), obtém-se o nível ótimo de produção nessa atividade, ou seja:

$$y_a^* = 1/2 \left[\alpha_a - c_a - \frac{m_a |\varepsilon_a|}{\gamma_a (|\varepsilon_a| - \beta)} \right] \quad (4.2.2.5)$$

4.2.3 O setor de agricultura irrigada

Supõe-se que as firmas operando no setor agrícola de irrigação são competitivas e produzem de acordo com uma tecnologia linear, especificada da seguinte forma:

$$y_i^j = \gamma_i^j x_i^j \quad (4.2.3.1)$$

onde y_i^j é o nível de produção da firma j , x_i^j é a quantidade de água bruta utilizada na irrigação da firma j e γ_i^j é o parâmetro de eficiência da firma j , o qual depende da cultura produzida, do requerimento de água, do índice de evapotranspiração da região, entre outros.

24 O termo $[c_a + (p_a^*/\gamma_a)]$ corresponde ao custo marginal social de produção de água potável.

Supõe-se que a demanda por produtos agrícolas de irrigação pode ser especificada pela seguinte função de demanda linear:

$$y_i = \alpha_i - P_i \quad (4.2.3.2)$$

onde P_i é o preço médio dos produtos agrícolas de irrigação e α_i é o consumo autônomo desses produtos (máxima quantidade que os consumidores estariam dispostos a consumir ao preço zero).

Desde que as firmas operando nesse setor são competitivas e, portanto, tomam o preço do produto como dado, então o nível ótimo de produção agrícola de irrigação da firma típica j é obtido de modo a maximizar o seu lucro, ou seja:

$$\max_{y_i^j} \pi_i^j = P_i y_i^j - c_i^j y_i^j - p_i^* x_i^j = \{P_i - [c_i^j + (p_i^*/\gamma_i^j)]\} y_i^j \quad (4.2.3.3)$$

onde c_i^j é o custo marginal (privado) de produção da firma típica j , que não inclui o pagamento pelo uso da água,²⁵ e p_i^* é o preço ótimo pelo uso da água na agricultura irrigada. Resolvendo-se esse problema de otimização obtém-se a condição padrão de equilíbrio competitivo:

$$P_i = c_i^j + (p_i^*/\gamma_i^j) \quad (4.2.3.4)$$

A qual estabelece que o preço deverá ser igual ao custo marginal social. Fazendo-se a agregação para todas as firmas, e substituindo-a na função de demanda, obtém-se o nível de produção ótimo do setor agrícola de irrigação:

$$y_i^* = \alpha_i - [c_i^j + (p_i^*/\gamma_i^j)] \quad (4.2.3.5)$$

Assim, substituindo-se o preço ótimo pelo uso da água na agricultura irrigada, estabelecido na expressão (4.2.1.1), na expressão (4.2.3.5), obtém-se o nível ótimo de produção nessa atividade:

25 Por analogia com o setor de abastecimento de água, o termo $[c_i^j + (p_i^*/\gamma_i^j)]$ corresponderia ao custo marginal social de produção da firma típica j .

$$y_i^* = \alpha_i - c_i - \frac{m_i |\varepsilon_i|}{\gamma_i (|\varepsilon_i| - \beta)} \quad (4.2.3.6)$$

4.3 O resultado

O modelo pode ser descrito por meio do seguinte jogo: a ANEEL, tomando por base os custos de produção das usinas, estabelece a tarifa de energia elétrica P_e^* de modo a maximizar o lucro das empresas geradoras. As geradoras, por sua vez, tomam essa tarifa como dada e determinam o nível ótimo de produção de energia elétrica y_e^* , maximizando seus lucros. Para que essa produção seja realizada, o setor elétrico demanda uma determinada quantidade de água x_e^* , pela qual transfere $0,0075P_e^*y_e^*$ ao setor de recursos hídricos, a título de pagamento pelo uso da água. A ANA, por outro lado, estabelece os preços ótimos pelos usos consuntivos da água no abastecimento público e na irrigação, p_a^* e p_i^* , mas não tem poder algum sobre o preço pelo uso da água na geração de energia elétrica. Esses dois setores tomam esses preços como dados e determinam seus níveis ótimos de produção y_a^* e y_i^* , demandando x_a^* e x_i^* de água bruta, respectivamente, de modo a maximizar seus lucros. A Tabela 4.1 mostra os níveis de produção de equilíbrio e as correspondentes demandas por água nas várias modalidades de uso, assim como os respectivos preços ótimos pelo uso da água.

Tabela 4.1
Equilíbrio do Modelo

Setor	Produção	Demanda por Água	Preços pelo Uso da Água
Geração de energia elétrica	$y_e^* = \frac{1}{2} \left[\alpha_e - \left(\frac{1}{0,9925} \right) c_e \right]$	$x_e^* = \left(\frac{1}{2\gamma_e} \right) \left[\alpha_e - \left(\frac{1}{0,9925} \right) c_e \right]$	$p_e = 0,0038(\alpha_e^2 - c_e^2)$
Agricultura irrigada	$y_i^* = \alpha_i - c_i - \frac{m_i \varepsilon_i }{\gamma_i (\varepsilon_i - \beta)}$	$x_i^* = \left(\frac{1}{\gamma_i} \right) \left[\alpha_i - c_i - \frac{m_i \varepsilon_i }{\gamma_i (\varepsilon_i - \beta)} \right]$	$p_i^* = m_i \varepsilon_i / (\varepsilon_i - \beta)$
Abastecimento público	$y_a^* = \left(\frac{1}{2} \right) \left[\alpha_a - c_a - \frac{m_a \varepsilon_a }{\gamma_a (\varepsilon_a - \beta)} \right]$	$x_a^* = \left(\frac{1}{2\gamma_a} \right) \left[\alpha_a - c_a - \frac{m_a \varepsilon_a }{\gamma_a (\varepsilon_a - \beta)} \right]$	$p_a^* = m_a \varepsilon_a / (\varepsilon_a - \beta)$

Para que as produções y_e^* , y_a^* e y_i^* sejam realizadas, a ANA terá que outorgar aos respectivos setores usuários, periodicamente, as correspondentes quantidades ótimas de água x_e^* , x_a^* e x_i^* , as quais, quando somadas, não podem ser maior que a disponibilidade

hídrica (ou vazão) do manancial, x . Além do mais, para que essas produções se realizem é necessário que as seguintes restrições individuais de vazão sejam também satisfeitas:

$$x_i = x - (x_a^* + x_e^*) \geq x_i^* \quad (4.3.1)$$

$$x_e = x - (x_a^* + x_i^*) \geq x_e^* \quad (4.3.2)$$

onde x_i e x_e são as vazões disponíveis para irrigação e energia elétrica, respectivamente. Essas restrições podem ser reescritas, alternativamente, da seguinte forma:

$$x_i = x - \left\{ \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha_a}{\gamma_a} + \frac{\alpha_e}{\gamma_e} \right) \right] - \left(c_a + \frac{c_e}{0,9925} \right) - \frac{|\varepsilon_a|}{\gamma_a(|\varepsilon_a| - \beta)} m_a \right\} \geq x_i^* \quad (4.3.1')$$

$$x_e = x - \left[\left(\frac{\alpha_a}{2\gamma_a} + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right) - (c_a + c_i) - \left(\frac{|\varepsilon_a|}{\gamma_a(|\varepsilon_a| - \beta)} m_a + \frac{|\varepsilon_i|}{\gamma_i(|\varepsilon_i| - \beta)} m_i \right) \right] \geq x_e^* \quad (4.3.2')$$

deve-se ressaltar que a restrição individual para produção de água potável no abastecimento público é automaticamente satisfeita, tendo em vista que essa modalidade de uso tem, por força de lei, prioridade sobre qualquer outro uso da água. Isto significa que a disponibilidade hídrica para abastecimento público não poderá ser inferior à quantidade ótima de água nesse uso, isto é, $x_a \geq x_a^*$.

Supondo-se que não haverá qualquer transferência de água de outra bacia hidrográfica, então pode-se admitir, por hipótese, que a disponibilidade hídrica do sistema não poderá ser aumentada através do tempo t , ou seja:

$$\frac{\partial x(t)}{\partial t} \leq 0 \quad (4.3.3)$$

essa hipótese parece ser razoável, tendo em vista que existe sempre a possibilidade de assoreamentos das margens do manancial e desmatamentos nas suas cabeceiras, que poderiam levar a uma redução da sua disponibilidade hídrica (Dias, Bezerra e Ramos, 2000).

Além do mais, supõe-se que os consumos autônomos de energia elétrica, água potável e produtos agrícolas são crescentes através do tempo:

$$\frac{\partial \alpha_e(t)}{\partial t} > 0, \frac{\partial \alpha_a(t)}{\partial t} > 0, \frac{\partial \alpha_i(t)}{\partial t} > 0 \quad (4.3.4)$$

esses pressupostos parecem ser realísticos, tendo em vista que o crescimento histórico da população e renda tendem a aumentar esses níveis autônomos de consumo.

Supõe-se ainda que os custos marginais de gerenciamento dos recursos hídricos associados com as modalidades de uso para abastecimento público e irrigação são crescentes através do tempo, ou seja:

$$\frac{\partial m_a(t)}{\partial t} > 0, \frac{\partial m_i(t)}{\partial t} > 0 \quad (4.3.5)$$

essa hipótese é plausível, tendo em vista que esses custos são comprovadamente crescentes através do tempo, pois com o passar do tempo o balanço hídrico do sistema vai ficando crítico, exigindo maiores investimentos em barramentos de regularização de vazão para aumentar a oferta de água do manancial.

Finalmente, para tornar a análise mais simples, supõe-se que os custos marginais de produção de energia elétrica, abastecimento urbano e irrigação são constantes ao longo do tempo, ou seja:

$$\frac{\partial c_e(t)}{\partial t} = 0, \frac{\partial c_a(t)}{\partial t} = 0, \frac{\partial c_i(t)}{\partial t} = 0 \quad (4.3.6)$$

nessas circunstâncias, se as taxas de crescimento dos consumos autônomos de água potável, energia elétrica e irrigação forem maiores do que as taxas de crescimento dos custos marginais do gerenciamento dos recursos hídricos para abastecimento público e irrigação, então pode-se afirmar que:

$$\exists t' / \forall t > t', x_e < x_e^* \text{ e } x_i < x_i^*$$

Esse resultado segue da linearidade das restrições (4.3.1') e (4.3.2') e das condições (4.3.3) - (4.3.6). Portanto, quando as agências atuam independentemente e as taxas de

crescimento dos consumos autônomos desses produtos forem maiores do que as taxas de crescimento dos custos marginais de gerenciamento dos recursos hídricos, pode-se concluir que haverá, em algum determinado instante do tempo, uma redução na produção agrícola de irrigação e na geração de energia elétrica, estabelecida pela indisponibilidade de água nesses usos. Essa redução na disponibilidade de água não permitiria que os níveis ótimos de produção fossem realizados, de modo que os lucros desses setores não seriam maximizados, com prejuízos para toda a sociedade.

Por outro lado, se as taxas de crescimento desses custos marginais fossem maiores do que as taxas de crescimento dos consumos autônomos, haveria um aumento nos preços ótimos pelo uso da água para abastecimento urbano e irrigação que causaria uma redução contínua, através do tempo, no nível de produção de produtos agrícolas de irrigação e de água potável. Essa redução nos níveis ótimos de produção reduziria, em consequência, os níveis ótimos de utilização de água bruta desses setores. Neste caso, o nível de produção de energia elétrica estaria garantido, em detrimento da produção desses outros dois setores.

Embora essa última situação não leve necessariamente a uma redução no nível de geração de energia elétrica, ela estabelece uma utilização dos recursos hídricos menos eficiente e, portanto, mais distorcida para a sociedade. De fato, essa situação é resultante da assimetria introduzida pela política de cobrança pelo uso da água, introduzida pela nova legislação que regulamenta o setor de recursos hídricos. Essa cobrança prejudica mais fortemente os setores de abastecimento público e irrigação, à medida que o balanço hídrico vai se tornando crítico, sem haver uma correspondência direta de penalidade para o setor de energia elétrica. Assim, da forma como foi proposta na nova legislação que regulamenta o setor, a cobrança pelo uso da água na geração de energia elétrica, com base em um percentual fixo, não corrige as incorreções na alocação dos recursos na economia. Ao contrário, essa legislação amplia as distorções na utilização dos recursos hídricos, no sentido de impactar mais fortemente os setores de abastecimento urbano e irrigação, com preços mais altos, em benefício do setor de energia elétrica.

5 Conclusões e considerações finais

Acompanhando a nova tendência mundial, o Estado brasileiro vem experimentando, nos últimos anos, um processo de redefinição do seu papel de agente protagonista no mercado para assumir uma postura de regulador do mesmo. Dentro dessa nova postura regulatória, compete ao Estado a fixação de regras para o funcionamento daqueles setores econômicos que antes se encontravam sob o seu controle direto, mas que agora passam a ser explorados

pela iniciativa privada. Essa mudança de papéis tem por objetivo garantir o perfeito funcionamento dos mercados, por meio de melhorias na alocação dos recursos na economia, e promover a justa concorrência, ampliando a eficiência econômica. Os setores de energia elétrica e águas são exemplos claros desse nova ordem mundial, cujos serviços passam a ser executados sob o regime de concessão, permissão ou autorização pelo setor privado, mas regulados e fiscalizados por agências federais e estaduais.

No entanto, essa rápida mudança de enfoque do papel do Estado e a falta de tradição do governo como regulador do mercado têm preocupado os estudiosos, principalmente porque demandará do governo um compromisso com objetivos mais amplos, além de exigir uma contínua evolução na legislação desses setores que acompanhe os anseios maiores da sociedade.

Tentando entender um pouco mais a estrutura de competição entre os setores de águas e energia elétrica e avaliar o funcionamento do setor de recursos hídricos no País ante a nova legislação que regulamenta o setor, este trabalho desenvolve um modelo que simula as interações entre os setores de água e energia elétrica, por meio de suas agências reguladoras, capaz de prever os futuros impactos sobre a utilização desses recursos em sistemas de bacias hidrográficas. Determinou-se o equilíbrio em subjogos, para o caso em que as agências reguladoras agem de forma independente, de acordo com o novo desenho estabelecido para esses dois importantes setores.

Ao serem estabelecidas algumas hipótese plausíveis, observou-se que haverá seguramente, em algum determinado instante do tempo, uma redução na produção agrícola de irrigação, mas poderá reduzir ou não a geração de energia elétrica. No entanto, a situação em que o nível de geração de energia elétrica não é reduzido é mais distorcida para a sociedade, pois esta é induzida a adotar uma alocação menos eficiente dos recursos hídricos. Neste caso, ao afetar mais fortemente os setores de abastecimento urbano e irrigação, com preços pelo uso da água mais altos, em benefício do setor de energia elétrica, conclui-se que a cobrança pelo uso da água na geração de energia elétrica, com base em um percentual fixo, pode ampliar as distorções na utilização dos recursos hídricos, com efeitos negativos para toda a sociedade.

Espera-se que este estudo possa contribuir para aprimorar o gerenciamento dos recursos hídricos no País, na medida em que oferece subsídios para orientar as políticas públicas de regulação desse importante setor produtivo, melhorando, assim, a alocação desses recursos na economia.

Referências bibliográficas

- Araujo, Ricardo S. A.; Cabral, Rodrigo S. V. Algumas conjecturas sobre as noções de equilíbrio em jogos dinâmicos com informação imperfeita. *Anais do XXVIII Encontro Nacional de Economia da ANPEC*, Campinas, 2000.
- Baumol, W.; Bradford, D. Optimal departures from marginal cost pricing. *American Economic Review*, v. 60, 1970.
- 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.
- _____. O princípio dos usos múltiplos dos recursos hídricos: uma análise a partir da bacia do rio Formoso no oeste baiano. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 30, n. especial, p. 810-835, 2000a.
- _____. Cobrança pelo uso da água em sistemas de bacias hidrográficas: o caso da bacia do rio Pirapama, em Pernambuco. *Economia Aplicada*, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 525-570, jul./set. 2000b.
- _____. O custo social da energia elétrica: uma análise a partir da bacia hidrográfica do rio São Francisco. *Economia Aplicada*, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 789-817, out./dez. 2001.
- Carrera-Fernandez, José; Garrido, Raymundo-José. O instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: uma análise dos estudos no Brasil. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 30, n. especial, p. 604-628, 2000a.
- _____. O instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: teorias e metodologias. *Economia - ANPEC*, v. 2, n. 2, Campinas, 2000b.
- Centro de Memória da Eletricidade no Brasil. *Panorama do setor de energia elétrica no Brasil/Memória da eletricidade*. Rio de Janeiro: Centro da memória da Eletricidade no Brasil, 1988.
- Coase, Ronald. The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 1960.
- Dias, Fernando de Mendonça; Bezerra, Davis R. C.; Ramos, Francisco S. Conflito no uso da água: a importância da ação coordenada das agências reguladoras. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 30, n. Especial, p. 798-808, 2000.
- DNAEE. *Nova tarifa de energia elétrica: metodologia e aplicação*. Brasília: MME/DNAEE, 1985.

- 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.
- Hochsteller, Richard L. A concorrência no mercado atacado de energia elétrica: uma análise do poder de mercado e da eficiência de medidas pró-competitivas. *Programa de Seminários Acadêmicos*. São Paulo: IPE/USP, 1999.
- Lypsei, R. G; Lancaster, K. J. The general theory of the second best. *Review of Economic Studies*, v. 24, p. 11-32, 1956-7.
- Mas-Colell, Andreu; Whinston, M. D.; Green, J. R. *Microeconomic theory*. New York: Oxford University Press, 1995.
- Secretaria de Energia, Transporte e Comunicações. *Participação da iniciativa privada na produção de energia elétrica: a questão tarifária*. Salvador: Convênio de cooperação entre o Governo do Estado da Bahia e a Comissão Européia no Setor de Energia, 1994.
- Secretaria De Recursos Hídricos (SRH) do Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos E Amazonia Legal (MMA). *Política nacional de recursos hídricos Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997* Brasília: SRH/MMA, 1997.
- Selten, R. Reexamination of the perfectness concept for equilibrium points in extensive games. *International Journal of Game Theory*, v. 4, p. 25-55, 1975.

