

O PRINCÍPIO USUÁRIO PAGADOR E A LEGISLAÇÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
(Mesa 1)

Autores:

ANTONIO EDUARDO LANNA
Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Universidade Federal do RGS
91.501-970 Porto Alegre RS
Fone: (051) 316-6661
Fax: (051) 336-0457
E-mail: LANNA@IF1.IF.UFRGS.BR

EUGENIO MIGUEL CÁNÉPA
Fundação de Ciência e Tecnologia -
CIENTEC
90.010-460 Porto Alegre RS
Fone: (051) 221-4688
Fax: (051) 226-0207

JAILDO SANTOS PEREIRA
Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Universidade Federal do RGS
91.501-970 Porto Alegre RS
Fone: (051) 316-6326
Fax: (051) 336-0457
E-mail: PEGASO@IF1.IF.UFRGS.BR

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo examinar a aplicação do Princípio Usuário Pagador (PUP) - uma generalização do Princípio Popuidor Pagador (PPP) - na gestão dos recursos hídricos. Embora se faça uma análise geral do princípio, o foco do artigo é a perspectiva concreta de aplicação do PUP no marco da legislação estadual recentemente promulgada, a Lei estadual 10.350/94, e da legislação federal vinculante, especialmente a Resolução CONAMA 020/86 e a Lei federal 9.433/97.

O trabalho consta de três partes. Inicia-se com uma breve fundamentação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, esclarecendo a questão dos 4 preços da água. A seguir, no corpo principal do trabalho, examina-se com certa profundidade o PUP nos seus dois contextos de análise: a Análise de Custos e Benefícios (ACB) e a Análise de Custo-Efetividade (ACE). Esta parte do trabalho conclui que a perspectiva de aplicação concreta do PUP, em termos de RS, e mesmo do Brasil, será dentro do contexto da ACE. Na parte final, com base em recente estudo feito para a bacia do Rio dos Sinos - RS, procede-se à realização de um exercício de aplicação

dos conceitos anteriormente delineados para o caso da DBO₅. Uma bibliografia comentada acompanha o trabalho.

INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo examinar a aplicação do Princípio Usuário Pagador (PUP) - uma generalização do Princípio Poluidor Pagador (PPP) - na gestão de recursos hídricos de bacias hidrográficas. Este exame parece-nos de alta relevância, na medida em que, a partir do estabelecimento da propriedade estatal dos recursos hídricos na Constituição Federal de 1988, bem como da instituição de diversos sistemas de gestão de recursos hídricos pelas Constituições estaduais subseqüentes, o PUP passou a ter um papel de destaque no leque de instrumentos de gestão. Assim, temos hoje um razoável conjunto de leis que incorporam esse instrumento: Lei estadual 7.763/91, de São Paulo, Lei estadual 10.350/94, do Rio Grande do Sul, Lei federal 9.433/97, entre outras.

É de se ressaltar que, ao se promulgar todos esses diplomas legais, vai se caracterizando uma sintonia crescente do Brasil com a tendência mundial - ou, ao menos, dos países mais avançados em questões de política ambiental - de *publicização das águas* e de uso, por parte do Estado, de mecanismos econômicos de incentivação dos agentes no sentido de um uso mais racional das águas, quer no que tange à quantidade, quer no que tange à qualidade. Na verdade, existe nesses países uma tendência a sair, gradativamente, das velhas políticas de mandato-e-controle (*command and control policies*) - baseadas na imposição, por parte do Estado, de padrões de emissão, bem como da melhor tecnologia de controle disponível, sempre *end-of-pipe* - para políticas que, mediante o uso de instrumentos econômicos de incentivação, procurem otimizar a relação entre os benefícios do controle e seus respectivos custos (contexto da Análise Custo-Benefício) ou, se isto não for possível, procurem atingir, ao custo mínimo para a sociedade, padrões de qualidade ambiental politicamente acordados (contexto da Análise de Custo-Efetividade).

Nesta contribuição ao debate, tentaremos delinear a forma sob a qual, em nosso entender, poderá vir a ser aplicado o PUP no Rio Grande do Sul, dentro do disposto na Lei 10.350/94. O trabalho inicia com uma breve fundamentação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. A seguir, examina-se com certa profundidade o PUP nos seus dois contextos: Análise Custo-Benefício (ACB) e Análise Custo-Efetividade (ACE). Na parte final, com base em recente estudo feito para a bacia do Rio dos Sinos - RS, procede-se à realização de um exercício de aplicação dos conceitos anteriormente delineados para o caso da DBO₅, um dos primeiros e principais poluentes a serem enfrentados.

OS FUNDAMENTOS DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

Quando se começa a falar em cobrança pelo uso da água, costuma-se ouvir, imediatamente, a seguinte objeção: "Cobrança pelo uso da água? Mas, como? Já não pagamos - e bastante - por ela?" A resposta a essa objeção levar-nos-á à conceituação dos 4 preços da água.

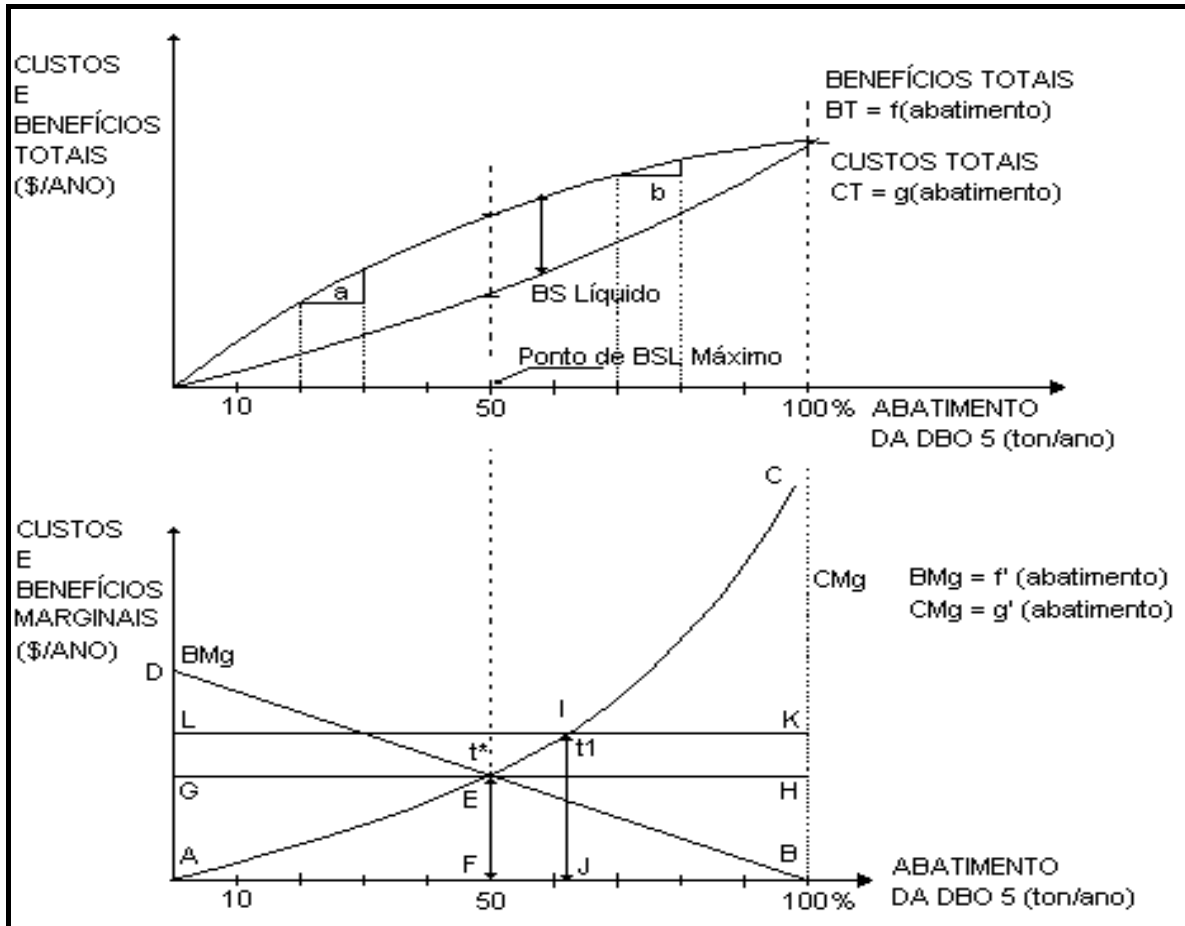
ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO X ANÁLISE CUSTO-EFETIVIDADE

Análise de Custos e Benefícios (ACB)

Seja o caso de uma bacia hidrográfica hipotética e um poluente hídrico qualquer - DBO_5 , por exemplo - cujo montante de emissões totaliza uma certa quantidade de toneladas/ano.

Consideremos, agora, a possibilidade de cotejar os custos e os benefícios de vários níveis possíveis de abatimento das emissões, variando entre 0% e 100% do total. Quanto mais níveis pontos pudermos estimar, tanto mais nos aproximaremos das curvas contínuas da Fig. 1.

Figura 1 - Custos e Benefícios Totais e Marginais de Controle



A curva CT, Custos Totais de Controle, é uma curva que registra o custo anual equivalente do valor-dos-investimentos-mais-o-valor-atual-dos-custos-operacionais de cada nível de abatimento e, tem, por razões de ordem tecnológica, uma inclinação (declividade) crescente, de caráter exponencial, correspondente ao custo marginal de longo prazo. Assim, à medida que nos aproximamos de 100% de abatimento - sem nunca chegar lá, também por razões tecnológicas - os custos vão se tornando exorbitantes. A determinação desta curva, evidentemente, é relativamente trabalhosa, mas, ao menos conceitualmente, não apresenta grandes problemas. Entretanto, duas observações gerais cabem aqui. Em primeiro lugar, ela incorpora os conhecimentos tecnológicos atuais, o que, por sua vez, implica que ao se empreender uma política concreta de abatimento, essa curva pode ir "diminuindo" ao longo do tempo, enquanto se vão conquistando níveis crescentes de abatimento. Como veremos, isto terá enorme importância na questão da tarifação. Em segundo lugar, é preciso ter bem claro como esta curva é montada

para uma bacia em particular. Incidentalmente, isto nos mostrará que nunca será possível construir uma curva bem comportada como a dos livros-texto (que é o caso da Fig. 1).

Na realidade, o que se faz é o seguinte: toma-se o setor que tem o custo total de abatimento mais barato e toma-se o custo de abatimento desse setor para os primeiros 70-90% de abatimento de sua respectiva carga poluidora. Os custos de abatimento dos 10-30% restantes desse setor, em geral proibitivos na tecnologia atual, são "jogados" para o fim da curva. A seguir, toma-se o segundo setor menos oneroso e procede-se da mesma forma. E assim sucessivamente. Quando todos os setores forem analisados, teremos uma curva de custo total de abatimento, "empilhando" os setores por ordem crescente de custo.

Já a curva BT, Benefícios Totais de Controle, é bem mais delicada. Ela expressa a "disposição de pagar" do conjunto das pessoas afetadas. Primeiro, nos níveis iniciais de abatimento, leva em conta as despesas que podem ser evitadas (em saúde, higiene, conservação e reposição de materiais, etc.) - a chamada "variação compensatória" dos consumidores. Depois, à medida que nos encaminhamos para níveis mais elevados de abatimento, leva em conta as despesas que os indivíduos estão dispostos a fazer diante das amenidades ambientais que resultam de um curso d'água mais purificado (balneabilidade, pesca, turismo, etc.) - e que resultam de outros tipos de avaliação, tais como "variação equivalente", "valor de opção", "valor de existência", etc. Esta curva, evidentemente, para ser comparável com a de custos totais, registra o valor anual equivalente do fluxo de benefícios futuros, dentro do mesmo horizonte de tempo dos custos. A forma desta curva - crescente, mas com declividade decrescente - resulta de um dado comportamental: incrementos constantes nos níveis de abatimento - por exemplo, a e b na Fig. 1 - ocasionam benefícios incrementais cada vez menores, ou seja, uma disposição a pagar cada vez menor, porque os danos incrementais evitados ou as amenidades ambientais incrementais obtidas são cada vez menos valiosas. Os problemas com a curva BT são de dupla natureza: de uma lado, operacionais - é extremamente difícil a determinação da disposição de pagar, principalmente no trecho final da curva (o problema da revelação de preferências na esfera dos bens públicos); de outro lado, teóricos - a curva é, em muitos casos, altamente contestável, como veremos mais adiante.

A autoridade ambiental, de posse dessas informações, tem então uma orientação global sobre uma política de otimização. Em outras palavras, estabelecidas as duas funções - a de Benefícios Totais e a de Custos Totais - a autoridade pode tentar maximizar a diferença entre elas, i. é, maximizar o Benefício Social Líquido ($BT - CT$). Este ponto corresponde ao nível de abatimento associado à distância máxima entre as curvas. Supondo curvas contínuas e bem comportadas matematicamente, o Cálculo elementar nos diz que este ponto está associado à igualdade entre as declividades das duas curvas. Isto, por sua vez, implica a igualdade das derivadas das duas curvas. Esta abordagem, na qual não examinamos diretamente as funções originais (ou primitivas), mas suas derivadas (ou funções marginais), está expressa na parte inferior da Fig. 1, onde vemos a intersecção da curva de Benefício Marginal (positiva mas decrescente) com a curva de Custo Marginal (também positiva, mas crescente). As duas figuras, evidentemente, por construção, nos dão a mesma informação: o nível de abatimento ótimo. Atingido este ponto, a autoridade pode

estar razoavelmente segura de que a comunidade não está nem desperdiçando recursos (abatendo poluição num ponto em que o custo marginal excede o benefício marginal), nem perdendo oportunidades

de melhoria (onde o benefício marginal excede o custo marginal) Além do mais, na hipótese de todos os demais setores da economia estarem ajustados à condição de eficiência, o abatimento da poluição no ponto F asseguraria o atingimento de um máximo de eficiência para o sistema, ou

Mas, esta não é toda a história. Com base nas informações disponíveis, a autoridade ambiental pode dar um passo além: utilizar um mecanismo de incentivação econômica para a consecução do objetivo de abatimento ótimo - a aplicação do Princípio Poluidor Pagador (PPP) na sua versão ACB. A parte inferior da Fig. ilustra como se chega lá. A nossa história começa quando os agentes poluidores, aproveitando o livre acesso ao rio, estão lançando OB de efluente (p. ex., X mil ton/ano de DBO_5), nada pagando pelo lançamento. Nesse momento, a sociedade, percebendo que o rio se tornou escasso e que, portanto, o livre acesso não é mais funcional, modifica os direitos de propriedade (passagem dos direitos comuns à propriedade estatal) e delega à autoridade ambiental o direito de cobrar pelo uso do bem ambiental, cuja escassez é agora plenamente reconhecida. Com base nesta delegação, o órgão ambiental impõe a tarifa de t^* por unidade de efluente. Diante desta nova condição de contorno, os agentes poluidores têm, pelo menos, as seguintes alternativas de ação:

i) Continuam vertendo todo o efluente no rio, mas agora pagando t^* por unidade. Desembolso total dos agentes (e arrecadação do órgão ambiental): área ABHG;

ii) Abatem toda a poluição gerada, tentando evitar a tarifa. Desembolso total dos agentes: área ABC;

ii) Os agentes cujo abatimento tenha custo marginal inferior a t^* , abatem sua poluição. Os setores com custo marginal de abatimento superior a t^* , pagam a tarifa e despejam totalmente o seu efluente. Total de abatimento: AF. Total de despejo: FB; Desembolso total dos agentes: área AFE (custo de tratamento) + área FBHE (pagamentos feitos ao órgão ambiental).

Como se vê facilmente, a alternativa iii) é a mais racional para o conjunto dos agentes poluidores, pois nesse caso o custo total de controle (áreas AFE+FBHE) é menor que o custo correspondente a qualquer das duas outras alternativas (áreas ABHG ou ABC), ou quaisquer alternativas intermediárias. A autoridade ambiental teve êxito em induzir a modificação no comportamento dos agentes poluidores, levando o sistema ao ponto ótimo, socialmente desejável. Argumenta-se, adicionalmente, que se a autoridade ambiental não conhece bem toda a curva DEB (BMg), mas pode estimar a "a posteriori" o trecho vizinho ao ponto E, determinado pela tarifa, ela poderá iniciar com uma tarifa tentativa, por exemplo t_1 . Diante desta tarifa, os agentes abaterão AJ, lançando o remanescente, JB. O benefício marginal no ponto J é estimado posteriormente, pela autoridade ambiental, como sendo JL, o que levará a uma baixa da tarifa e, assim, por aproximações sucessivas, chegar ao ótimo de abatimento, AF, e à tarifa ótima, t^* . Cabe observar, porém, que estas aproximações sucessivas podem ser inviáveis na prática, pois a

curva AEC é uma curva de custo marginal de longo prazo, vale dizer, implica investimentos de longo prazo por parte dos agentes.

Uma observação de caráter histórico

A esta altura, cabe uma observação histórica importante. Na década de 70, auge da discussão sobre as possibilidades práticas da ACB, surgiu uma questão que deu lugar a um extensíssimo debate. Se a autoridade ambiental dispõe das informações delineadas acima, ela não precisa usar a tarifa ótima t^* , da Fig. 1, podendo obter o mesmo resultado fixando um padrão de emissão, igual para todas as fontes, que induza os agentes a abater a quantidade desejada (igual a AF no nosso caso). Este argumento, aparentemente incontestável, dava renovadas forças às burocracias regulamentadoras, notórias defensoras dos padrões-de-emissão-mais-melhor-tecnologia-de-controle-disponível, frente a seus oponentes acadêmicos, pró incentivos econômicos. Entretanto, há dois contra-argumentos de peso, um estático e outro dinâmico.

Do ponto de vista puramente estático, pode-se mostrar que o padrão de emissão, igual fonte por fonte, é ineficiente, induzindo gastos excessivos em controle. De fato, do modo como a curva de custo marginal é construída, e que nós vimos anteriormente, a tarifa vai induzir os agentes que tenham menores custos de abatimento a reduzirem sua poluição em 70, 80 ou até 90%, paralelamente ao fato de que os agentes com maiores custos de abatimento nada reduzirão, pagando por isso a tarifa t^* . Ora, se for fixado um padrão de emissão uniforme, fonte por fonte, todos terão que abater, inclusive os de maior custo. Isto, evidentemente, implica desperdícios no sistema como um todo.

Do ponto de vista dinâmico, a cobrança de uma tarifa t^* tem também uma vantagem decisiva sobre a política regulatória. De fato, diante da tarifa os agentes têm estímulo à inovação tecnológica (seja em equipamentos *end-of-pipe*, seja em mudanças de processo, mix de produtos, matérias primas, etc.), na tentativa de fazer girar no sentido horário a curva AEC, a curva de custo marginal de abatimento e, assim, diminuir a área AFE+FBHE, de desembolsos totais.

Objecções à ACB

Entretanto, toda essa discussão era algo bizantina. De fato, a solução de ACB - quer na versão padrão de emissão ótimo, quer na versão tarifa ótima - passava ao largo de duas grandes ordens de dificuldades. A primeira dizia respeito, naturalmente, às enormes dificuldades práticas de implementação operacional, em grande escala, pelo órgão ambiental do governo, resultantes, principalmente, dos enormes problemas de mensuração dos benefícios.

Mas há uma segunda e mais importante ordem de dificuldades, que diz respeito fundamentalmente a aspectos teóricos e conceituais relativos à curva BT. Primeiramente, há uma gama de objeções dentro do âmbito da própria análise econômica e sua ênfase na questões de

eficiência. Temos, assim, problemas de: i) "second best"; ii) uso demasiado abrangente da ACB, levantando problemas de equilíbrio geral não abordáveis por um instrumento típico de análise de equilíbrio parcial; iii) controvérsias sobre a taxa social de desconto a ser aplicada no fluxo de

entre Morris Kline, em seu estudo sobre o efeito estufa, e um grupo de economistas do Banco Mundial); iv) controvérsias sobre a questão da valoração de vidas humanas nas estimativas de benefícios resultantes de diminuições de perda de vidas.

Mas, como se não bastasse isso, existem, além dessas objeções genéricas, três importantes objeções específicas ao uso da ACB na esfera ambiental:

i) Na famosa polêmica com W. Beckermann, em 1972 (Ver Sachs, 1972), K. W. Kapp, o pioneiro da economia ambiental, ressaltou uma primeira limitação, e que diz respeito à renda dos consumidores. A "disposição de pagar" (seja ela medida pela variação compensatória, seja por outros modos) depende do nível e da distribuição de renda dos indivíduos afetados; onde esta é muito baixa ou desigualmente distribuída, os resultados podem se traduzir num ótimo com abatimento desprezível, ou mesmo nulo, embora necessário. Recente estudo do Banco Mundial sugere que não se trata de situação improvável na prática. Diante disso, toda a curva de benefícios marginais fica comprometida, principalmente se atentarmos para a situação de países como o Brasil;

ii) Ainda nessa polêmica, Kapp ressaltou uma segunda limitação da ACB na sua aplicação a questões ambientais, e que diz respeito à incerteza. De fato, são tantos os poluentes e tão difusos os seus efeitos, que a "disposição de pagar" não pode captar os reais benefícios, ainda mais levando em conta o baixo nível de informações por parte da população em geral, deficiência de informações essa agravada pelas controvérsias científicas, pelos efeitos sinérgicos dos vários poluentes, etc. Tudo isso, evidentemente, compromete ainda mais a curva de benefícios marginais. Diante disso, Kapp propunha, já naquela ocasião, um enfoque sistêmico da questão, com soluções baseadas na idéia de custo-efetividade, isto é, no estabelecimento de metas ambientais socialmente acordadas e no esforço para a consecução de tais metas ao menor custo para a sociedade;

iii) Finalmente, como foi estabelecido por Pearce - também um dos pioneiros da economia ambiental - no início da década de 70, a terceira objeção diz respeito àqueles casos em que, mesmo que se possam determinar os custos e os benefícios do abatimento, o ponto ótimo, correspondente à igualdade $BMG = CMg$, embora seja eficiente do ponto de vista estático, pode, ainda assim, ser inadequado do ponto de vista dinâmico. Isto pode acontecer quando o ponto eficiente, sob o ângulo ACB, é superior à capacidade assimilativa do corpo receptor, desencadeando processos dinâmicos de comprometimento crescente dessa capacidade e afetando esta ou gerações vindouras. Em terminologia mais atual, um ponto eficiente, a curto prazo, pode levar a uma insustentabilidade a longo prazo. (Para mais detalhes, ver Pearce, 1976).

O PUP no contexto da ACE: 1ª versão

As objeções, tanto as de caráter prático, quanto as de caráter teórico-conceitual, levaram a uma formulação do PUP num contexto mais limitado, o da ACE. A primeira formulação deve-se a W. J. Baumol e W. E. Oates (Ver Baumol & Oates, 1971), Na própria Fig. 1, parte inferior, o leitor pode acompanhar o argumento.

Suponha-se que, num determinado trecho de um rio, se localizem vários agentes poluidores (cidades vertendo esgotos cloacais, indústrias despejando efluentes, etc.), de tal modo que o total ⁵, supera a capacidade assimilativa do rio, degradando-se a sua qualidade e comprometendo atividades tais como pesca, recreação, etc. Tendo sido determinado um nível de qualidade para esse trecho do rio (mediante o chamado "enquadramento") e que possibilite novamente todos os usos do passado, um modelo de dispersão foi aplicado sobre as cargas poluidoras atuais e chegou-se à conclusão de que, para se atingir o objetivo de qualidade colimado, é preciso abater 65% da carga poluidora atual. Explorando novos caminhos em matéria de política ambiental, o órgão ambiental decide usar a tarifação (PPP) como meio de atingir esse resultado. Para tanto, constrói-se uma curva de custo marginal de abatimento, ordenando os setores e agentes conforme a ordem crescente e se obtém, se o número de agentes for muito grande, uma curva como a AEC da Fig. 1. Deslocando-se sobre a curva de custo marginal até o ponto correspondente a 65% de abatimento, o órgão ambiental fixa a tarifa, \$ por ton de poluente, em t_1 . Se os agentes quiserem continuar despejando todo o efluente produzido terão que pagar a quantia correspondente à área OBKL. Entretanto, se os agentes de menor custo marginal se empenharem em tratamento, para evitar o gasto em tarifa, OJ (65%) de efluente será tratado, lançando-se o remanescente, JB (35%), minimizando-se os gastos totais (área AJI+JBKI). O padrão de qualidade desejado é alcançado. Como se vê, a curva de benefício marginal sai de cena: não estamos à procura de um nível ótimo de lançamento, mas apenas de um nível que minimize o custo total para se atingir um certo objetivo de qualidade. Estamos justamente no terreno da custo-efetividade.

Como o leitor já terá percebido, a tarifa é ainda uma aplicação do PPP só que, agora, num novo contexto: em vez de se procurar induzir os agentes poluidores a internalizar a externalidade gerada ("indenizar o dano causado"), até se atingir um ponto ótimo ($BMg = CMg$), procura-se induzi-los a internalizar os custos de controle até que certo padrão de qualidade no corpo receptor seja atingido.

Cotejando a tarifação em ACB e ACE

Em livros de economia do meio ambiente pode ser encontrada a extensão do conceito acima para o caso de se levar em conta a localização dos agentes poluidores ao longo do trecho de rio. (Ver, por exemplo, Baumol & Oates, 1979, e Tietenberg, 1992). O importante a reter, no entanto, é a seqüência de determinações até se chegar ao valor cobrado. No caso do PPP no contexto ACB, temos o valor a ser cobrado como resultante da interseção das curvas de benefícios e custos marginais, resultando daí o "ótimo" de abatimento. Na seqüência desta 1a. versão do PPP no contexto ACE é o uso desejado para o corpo receptor que determina o padrão de qualidade a ser atingido, i. é, a meta ambiental socialmente acordada. Este padrão de

qualidade, via modelo de dispersão, determina então a quantidade necessária de abatimento. E esta, por sua vez, via curva de custo marginal de controle, estabelece o preço a ser cobrado pelo uso da capacidade assimilativa do corpo receptor. No PPPem ACB, os agentes poluidores internalizam as externalidades geradas até se atingir o ponto de poluição "ótima". No PPP em ACE, os agentes poluidores internalizam

os custos de controle até o ponto desejável para a consecução do padrão de qualidade desejável, tendo em vista os usos previstos e desejados do corpo receptor.

Assinalados estes contrastes, convém fazer alguns comentários sobre os pontos em comum. Primeiramente, destaque-se que a tarifação, tanto num contexto como no outro, mantém a vantagem de economicidade e de estímulo à inovação tecnológica que foram apontados anteriormente. Em segundo lugar, nos dois contextos, o PPP presta-se a uma interpretação como imposto, cobrado pelo poder público e que vai ao seu caixa geral, tendo portanto apenas função alocativa (provisão de bem público).

O PUP no contexto da ACE: 2ª versão

Entretanto, existe dentro da perspectiva da ACE, uma segunda abordagem para o PPP, muito apropriada para o caso em que os fundos arrecadados pela cobrança retornam ao sistema para o financiamento das intervenções na bacia de arrecadação. Nesta seqüência - que parece ser o caso da gestão dos recursos hídricos no modelo francês de comitês e agências de bacia - temos o seguinte esquema:

i) Parte-se de um conjunto de objetivos de longo prazo a atingir, corporificado em padrões de qualidade dos recursos hídricos da bacia e que refletem os usos desejados pela comunidade;

ii) Tendo esse conjunto de objetivos como pano de fundo, o comitê de bacia, com base em estudos técnico-econômicos feitos pela respectiva agência, decide as metas de abatimento a serem cumpridas e as intervenções a serem realizadas num horizonte de vários anos (5, 6 ou mesmo 7). Esse plano, evidentemente, resultará do cotejo entre as tarifas necessárias para induzir determinados níveis de abatimento (e que, nós já vimos, por sua vez resultam da curva de custo marginal de abatimento) com os recursos financeiros da comunidade, seu nível de desenvolvimento e preocupação ambiental, suas correlação de forças políticas, etc.;

iii) Calculada a tarifa necessária e suficiente para, via curva de custo marginal de controle, atingir as metas de abatimento acordadas, o total arrecadado dos agentes que pagam (pois têm um custo marginal superior à tarifa) vai para um fundo destinado a financiar os investimentos daqueles que, por terem um custo marginal inferior à tarifa, são induzidos ao abatimento. Estes recursos são a estes repassados sob várias modalidades, que vão desde financiamentos a fundo perdido (subsídio) até empréstimos a taxa de juros de mercado, tudo dependendo do que foi deliberado no comitê, a partir das alternativas apresentadas pela agência. É de se observar, também, que, no caso de haver empréstimos, o total arrecadado pela agência num determinado

ano não provém somente da tarifa sobre os pagadores desse ano, mas também do retorno dos empréstimos (capital e juros) feitos nos anos anteriores. Ainda assim, o total arrecadado num determinado ano pode não coincidir com o total dos investimentos relativos às intervenções induzidas naquele ano pelo nível da tarifa; assim sendo, evidentemente, os "tratadores" deverão complementar os recursos com captação própria. O importante a reter, entretanto, é que se a tarifa for adequadamente calculada, aqueles que têm custo marginal de tratamento inferior à tarifa, serão induzidos também à busca desses recursos complementares;

iv) Finalmente, cabe ao Estado, proprietário do recurso hídrico, e seu gestor em nome da sociedade, monitorar as fontes poluidoras e os níveis de qualidade dos mananciais, tudo no sentido de verificar se a aproximação aos objetivos de longo prazo está sendo efetivada, ano

Este esquema de aplicação do PPP padece de dois tipos de limitação, estreitamente relacionados. Em primeiro lugar, dado que os objetivos de qualidade a atingir são de longo prazo, e não amarram diretamente as intervenções (como na 1ª versão), o caminho para a consecução dos objetivos pode ser muito longo, forçando a uma tutela e pressão indesejáveis por parte do Estado. Em segundo lugar, dada a característica acentuadamente exponencial da curva de custo marginal de controle, temos grandes abatimentos, relativamente pouco custosos, no início do programa, mas uma dificuldade crescente em sua aplicação à medida que, ao passarem os anos, vamos avançando nos níveis de abatimento. Nesse momento, o sistema de tarifas para os vários poluentes pode começar a se tornar pouco incitativo, em virtude de níveis não suficientemente altos fixados por deliberação do comitê, o qual, politicamente, tem sérias dificuldades de dar grandes saltos nos níveis tarifários.

Pagar e continuar poluindo?

Alega-se, freqüentemente, que o PPP é uma desculpa para "pagar e continuar poluindo". Esta alegação só é verdadeira em um caso: quando a tarifa é muito baixa e fica abaixo do nível de custo marginal de qualquer agente poluidor. Neste caso, evidentemente, todos os agentes pagarão a tarifa e continuarão vertendo seus efluentes. Entretanto, se a tarifa for adequadamente calculada - como exposto acima - haverá abatimento - embora não de 100%, aliás desnecessário

O leitor atento já deve ter percebido que, embora este artigo trate do PUP, a exemplificação toda foi feita com a parte referente ao "lado" poluição do PUP, i. é, o mais antigo e conhecido PPP. E o lado "derivação" ou "retirada", como é que fica? Há também dois contextos, ACB e ACE? A resposta é afirmativa e, embora não nos detenhamos em detalhes semelhantes ao da exposição anterior, cabem algumas observações de caráter geral. Exemplifiquemos com o caso de uma barragem construída num trecho de rio que, via regularização de vazão, permitirá a irrigação de algumas centenas de hectares. A ACB padrão, no caso, é a de determinar o valor da água

através de sua produtividade marginal, i. é, calcular qual é a renda adicional líquida dos agricultores ao passar da situação "sem irrigação" para a situação "com irrigação". Já o enfoque³ de água em reservatório (custo marginal incremental) como uma "proxy" do valor anteriormente referido. A água para uso industrial e outros usos tem, da mesma forma, modos diferentes para o cálculo do seu valor, conforme o contexto de análise.

O PUP na Lei 10.350/94 (Lei das águas do Rio Grande do Sul)

Dadas as objeções práticas e teórico-conceituais relativas à ACB, bem como o fato de a Lei 10.350/94, estar amarrada à legislação federal de recursos hídricos - mais especificamente, à Resolução CONAMA 020/86 - parece-nos absolutamente claro que a aplicação do PUP no estado do RS dar-se-á no contexto de ACE. O que resta examinar é a questão de seu enquadramento na 1ª. ou 2ª. versão (Baumol & Oates x "modelo francês").

Quer nos parecer que o caminho escolhido penderá mais para esta segunda via. Em primeiro lugar, porque a adoção estrita do modelo de Baumol & Oates leva a compromissos muito pesados, qualquer que seja o marco ou o cenário de objetivos de qualidade estabelecidos. E isto vale mesmo para o caso de uma marco de objetivos mais modestos, como o proposto pelos franceses, no início da década de 70. Com muito mais razão, é claro, para o caso dos objetivos de qualidade estabelecidos pelos norte-americanos no Clean Water Act, de 1972. Em segundo lugar, porque a sistemática de comitês e agências de bacia da Lei 10.350/94 é fortemente calcada no modelo francês de gerenciamento de recursos hídricos e, por conseguinte, poderá acarretar uma grande similaridade de propostas, resultados e dificuldades. De particular relevância, naturalmente, será a questão da incitatividade ou não das tarifas adotadas.

Uma ordem de considerações mais ampla, de caráter geral na análise econômica, nos levaria a indagar sobre a questão da ineficiência na alocação de recursos inerente à solução custo-efetiva, uma vez que, praticamente sempre, ela se encontra fora do ponto de igualdade entre benefício marginal e custo marginal. A resposta nos parece ser de duas ordens. Primeiramente, dadas as objeções apresentadas à ACB, principalmente no que tange à questão do nível e da distribuição da renda, o ponto "ótimo", o que quer que isso possa ser, não nos parece ter relevância na nossa realidade, ainda mais se ele acarretar a não adoção de medidas (zero de abatimento). Finalmente, mesmo admitindo a relevância do ponto ótimo, a adoção de padrões de qualidade e de medidas custo-efetivas (deslocamento ao longo da curva de custo marginal de controle) para a sua consecução progressiva, é um gigantesco passo para a superação das ineficiências, estas sim gritantes, que resultariam de uma ampla aplicação do sistema de abatimento uniforme, fonte por fonte, inerente à política de mandato-e-controle atualmente adotada.

A parte seguinte, e final, do trabalho pretende retomar todas essas questões, mas num nível mais prático e, esperamos, plenamente esclarecedor para o leitor. Os dados para tanto foram extraídos do trabalho "Simulação de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do Rio dos Sinos" (4 Relatórios Parciais + Relatório Final), trabalho este realizado pela Magna Engenharia Ltda., com a colaboração do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

O estudo foi realizado sob encomenda do Conselho de Recursos Hídricos do RS e pretende servir de subsídio para os primeiros passos do Comitê do Rio dos Sinos, atualmente em processo de adaptação aos termos da Lei 10.350/94 (Lei das águas do RS).

5 NA BACIA DO RIO DOS SINOS -RS

Descrição da bacia

A bacia do rio dos Sinos compreende uma superfície de 3.800 km², onde estão inseridos 29 municípios. A dinâmica do desenvolvimento econômico do Estado do Rio Grande do Sul está localizada na região onde justamente se insere esta área. É na Região Metropolitana de Porto Alegre, e em sua área de influência, que estão concentradas as atividades econômicas, resultado do processo de industrialização das últimas décadas, a partir de uma base econômica pré-existente. Neste contexto, a área de estudo, com apenas 3,5% do território do RS, gerou em 1992 22,8% do PIB estadual. Em 1990 gerava 25 % do valor adicionado fiscal total do estado, sendo que, destes, 36,6% eram relativos à atividade industrial, 17,6% à comercial, e 16,9% à atividade de serviços. A população total da bacia, em 1991, era de 1.595.821 habitantes, representando 17,5% da população do estado.

A atividade industrial concentra-se nos municípios localizados no terço inferior do Rio dos Sinos, antes de desembocar no Lago Guaíba, predominando a produção de bens intermediários (metalurgia, material elétrico e comunicação, química) e a produção de bens de consumo durável (vestuário, calçado, artefatos de tecido). A atividade agropecuária é relativamente pouco intensa na área. O uso mais expressivo das áreas agrícolas é com pastagens, atingindo 55,8%. No ano de 1985, apenas 4,5% dos estabelecimentos usavam irrigação, abrangendo 2,2% da área total do estado. A bacia concentra também 6,9% das matas e florestas e 3,7% das pastagens do estado.

Desde 1987-8 existe em funcionamento um Comitê de Bacia, atualmente em fase de adequação às

Simulando a interação Comitê-Agência

O nosso exercício começa quando, por decisão do Comitê, a Agência empreende o estudo de um programa de abatimento de DBO₅, reputado essencial, por hipótese, não só em virtude do volume e importância do poluente, mas também pela experiência e ensinamentos que poderão ser aportados por tal programa. As Tabelas 1 e 2 resumem os dados e cálculos relevantes para o nosso problema.

A Tabela 1 - Cargas atuais de DBO₅ na bacia do Rio dos Sinos - consta de 5 colunas. Nas colunas (1) e (2) estão registrados os diversos agentes ou grupos poluidores, ordenados por ordem decrescente de carga poluidora (em ton/ano). Como se pode ver, a carga total anual é da ordem de 86.000 toneladas. Na coluna (3) constam as soluções técnicas consideradas

Tabela 1 . Cargas atuais de DBO₅ na bacia do Rio dos Sinos

Fonte poluidora	Carga de DBO ₅ (ton/ano)*	Solução técnica preconizada	Eficiência esperada (%)	Eficiência adotada (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Atividade de Criação de Animais (ACA)	38.000	Bermas de contenção, seguidas de lagoa anaeróbia e despejo efluente tratado a banhados naturais ou artificiais	75 a 90	80
Resíduos Sólidos Domésticos (RSD)	20.500	Bio-remediação in loco		
Esgotos Domésticos Urbanos (EDU)	17.500	Lagoas de estabilização em série		
Drenagem Pluvial Urbana (DPU)	4.000	Banhados artificiais		
Esgotos Industriais Tratados (EIT)**	3.000	Tratamento físico-químico		
Fontes Difusas Rurais (FDR)	2.000	Sistema de retenção de silte		
Esgotos Domésticos Rurais (EDR)	1.000	Fossa e sumidouro		
Total	86.000			

Fonte: "Simulação de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do Rio dos Sinos" Magna Eng./IPH/CRHRS (1995)

Obs.: (*) Valores arredondados;

(**) No caso do setor industrial, trata-se de carga residual, uma vez que o setor já faz abatimento.

A Tabela 2 da página seguinte- Custo de Abatimento de DBO₅ na Bacia do Rio dos Sinos - nos proporciona os dados e os cálculos que nos permitem chegar à curva de custo margina global de abatimento para a bacia do Rio dos Sinos. Na coluna (1) repetem-se os dados da coluna correspondente da Tabela 1. Na coluna (2) aparecem as qiantidades abatidas, por setor, tendo por base as colunas (2) e (5) da Tabela 1. A coluna (3) nos dá o valor dos investimentos necessários para o abatimento projetado em cada setor e de acordo com a respectiva solução técnica adotada e constante da coluna (3) da Tabela 1.A coluna (4) nos dá a "prestação" anual que, numa vida útil estimada em 20 anos, e a uma taxa de juros de 16% ao ano (aproximadamente, a taxa atual praticada pelo BNDES - TJLP + 3 a 6% ao ano) recupera o valor dos investimentos. A coluna (5) nos dá o custo anual de operação e manutenção (O&M)

respectivo. A coluna (6) nos dá o custo anual total, que nada mais é do que a soma das duas colunas anteriores. A coluna (7) nos dá o custo marginal calculado por setor (proveniente do quociente entre o custo anual total de abatimento e a carga abatida). A coluna (8) ordena os custos marginais setoriais em ordem crescente e permite a confecção da Fig. 2.

Tabela 2 Custos de Abatimento de DBO₅ na bacia do Rio dos Sinos

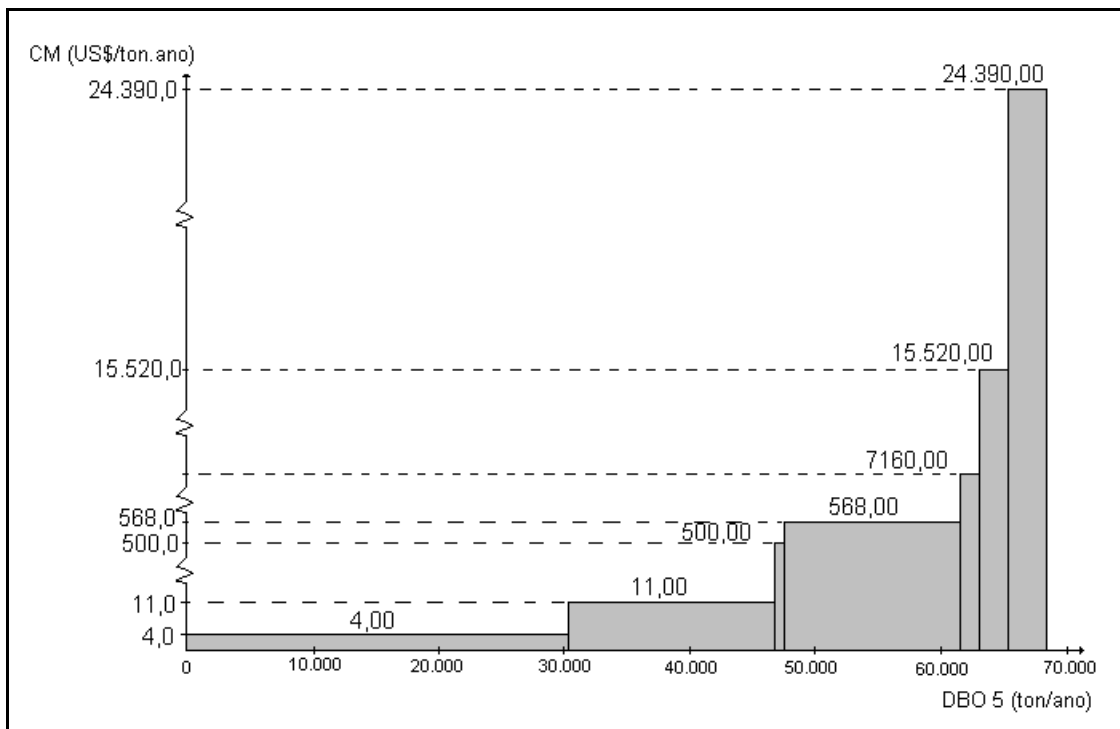
Fonte poluidora	DBO ₅ abatida (ton/ano)	Valor do Investimento (US\$)	Custo Anual Equivalente (US\$/ano)	Custo operacional e de manutenção anual (US\$/ano)	Custo anual total (US\$/ano)	Custo Marginal por setor (US\$/ano)	Ordem crescente de Custo Marginal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)+(5)	(7)=(6)/(2)	(8)
ACA	30.000	600.000	101.000	4.000	105.000	4	(1)
RSD	16.000	670.000	113.000	13.000	126.000	8	(2)
EDU	14.000	40.000.000	6.747.000	1.188.000	7.935.000	567	(3)
DPU	3.200	110.000.000	18.560.000	4.287.000	22.847.000	7.140	(6)
EIT	2.400	90.000.000	15.180.000	43.390.000	58.570.000	24.404	(7)
FDR	1.600	15.000.000	2.530.000	0	2.530.000	1.581	(5)
EDR	800	3.800.000	641.000	0	641.000	801	(4)
			43.872.000	48.882.000	92.754.000	34.505	
Total	68.000	260.070.000	43.581.000	48.882.000	92.463.000		

Fonte: "Simulação de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do Rio dos Sinos" Magna Eng/IPH/CRHRS (1995)

Obs.: Discrepâncias de cifras devem-se a arredondamentos em quantidades e valores

Com os dados e cálculos constantes na Tabela 2, especialmente o ordenamento feito na coluna (8), podemos construir a curva de custo marginal global de abatimento para a bacia como um todo. O resultado aparece na Fig. 2.

Figura 2 - Custo Marginal de Abatimento da DBO₅ na Bacia do Rio dos Sinos



(intercalar Fig. 2)

Neste ponto, é preciso ter bem clara uma premissa implícita na confecção desta curva: na realidade, ela ordena, por custo crescente, o abatimento dos primeiros 80% da carga poluidora de cada setor, supondo que o custo adicional dos 20% restantes é proibitivo para o respectivo setor, podendo, pois, ser “jogado” para o fim da curva (custos “infinitos”). Esta suposição não é absolutamente realística, mas sua remoção, no momento, além de impossível – pela inexistência de dados sobre custos de abatimento em níveis superiores a 80% - não alteraria o raciocínio e as

Com base na curva da Fig. 2, a Agência pode propor, e o Comitê deliberar sobre, várias alternativas, tais como:

i) Primeiramente, se for cobrada uma tarifa, inferior a 4,00 US\$/t, poderão ser arrecadados até 344.000 US\$/ano (86.000 t/a x 4,00 US\$/t). Mas, neste caso, nenhum setor será induzido a abater seus primeiros 80% de DBO₅. Este é o caso em que a tarifa, por ser insuficientemente incitativa, dá lugar à crítica de que o PPP é um pretexto para “pagar e continuar

poluindo”. Trata-se, pois, de uma alternativa a ser descartada num programa efetivo de gestão

ii) Uma segunda linha de ação possível é a de estabelecer um programa quinquenal de abatimento de algo em torno de 40% da carga poluidora atual, cobrando-se uma tarifa entre 4,00 e 11,00 US\$/t. Digamos, para exemplificar que ela seja de 10 US\$/t. Esta tarifa será suficiente para induzir o setor “Atividade de Criação de Animais” (ACA) a tratar 30.000 t/a, pagando pelo descarte das 8.000 t/a restantes. Com esta decisão, o ACA terá um custo anual de

$$30.000 \text{ t/a} \times 4,00 \text{ US\$/t} + 8.000 \text{ t/a} \times 10,00 \text{ US\$/t} = 200.000 \text{ US\$/a,}$$

em vez do custo de

$$38.000 \text{ t/a} \times 10,00 \text{ US\$/t} = 380.000 \text{ US\$/a}$$

que teria se vertesse toda a sua DBO, pagando a tarifa de 10 US\$/t

Note-se que, com esta tarifa, a Agência poderá arrecadar

$$(86.000 - 30.000) \text{ t/a} \times 10 \text{ US\$/t} = 560.000 \text{ US\$/a}$$

e, por conseguinte, ter em caixa, já nos primeiros dois anos (e deduzidos os 10% de lei para manutenção do sistema), mais do que o capital necessário para que o setor ACA possa realizar os investimentos cabíveis, que são da ordem de 660.000 US\$, como pode ser visto na coluna (4) da Tabela 2. O carreamento destes recursos pode tomar uma de três formas: subsídio total ao setor(inclusive da DBO vertida), financiamento com taxa de juros subsidiada, financiamento com taxa de juros de mercado. Qualquer que seja a decisão do Comitê, entretanto, a verdade é que a Agência, neste esquema, poderá capitalizar-se já durante o plano quinquenal proposto;.

iii).Uma terceira possibilidade seria a de estabelecer um programa quinquenal de abatimento de aproximadamente 50% da carga poluidora atual, cobrando-se uma tarifa entre 11,00 e 568,00 US\$/t. Suponhamos que ela seja fixada em 100 US\$/t. Esta tarifa será suficiente para induzir o setor "Atividade de Criação de Animais"(ACA), dentro de raciocínio análogo ao da alternativa anterior, e, adicionalmente, induzir também o setor "Resíduos Sólidos Domésticos" (RSD) a tratar 16.000 t/a, pagando pelo descarte das 4.500 t/a restantes. Com esta decisão o

$$16.000 \text{ t/a} \times 11,00 \text{ US\$/t} + 4.500 \text{ t/a} \times 100,00 \text{ US\$/t} = .626.000 \text{ US\$/a}$$

em vez do custo de

$$20.500 \text{ t/a} \times 100,00 \text{ US\$/t} = 2.050.000 \text{ US\$/a}$$

que teria se vertesse toda a sua DBO, pagando a tarifa de 100,00.US\$/t

Note-se que, neste caso, a Agência poderia induzir o abatimento de 46.000 t/a (mais do que 50% da carga atual), arrecadando

$$(86.000-46.000) \text{ t/a} \times 100,00 \text{ US\$/t} = 4.000.000 \text{ US\$/a}$$

e podendo também, semelhantemente ao caso anterior, aportar o capital necessário para os investimentos cabíveis nos dois setores, extrair a cota de administração e capitalizar-se para

Estes três exemplos, aparentemente arbitrários, devem ser suficientes para propiciar ao leitor uma maior compreensão de tópicos que possam não ter ficado suficientemente claros na exposição teórica anterior. Esperamos, também, que tenham dado uma idéia bastante concreta

do tipo de subsídios técnico-econômicos e propostas que uma Agência pode fornecer ao seu Comitê para discussão e decisão, tanto em termos de programas de abatimento e aproximação aos objetivos de qualidade, quanto em termos de repercussões financeiras sobre os setores afetados pelos diversos níveis tarifários possíveis.

Em busca de um maior realismo

Embora o exercício acima seja revestido de certo sabor prático, a busca de um maior realismo levar-nos-ia além dos limites deste artigo, obrigando-nos, principalmente, a três ordens de

i) Primeiramente, esmiuçar mais a curva de custo marginal global, intercalando degraus intermediários. Para tanto, seria necessário obter, para cada setor, os custos de abatimento para faixas superiores aos 80% já vistos (p.ex., para a faixa de 80-88%, 88-95%, 95-99%), intercalando esses valores e quantidades na "escada" de custo marginal;

ii) Na realidade, a DBO_5 não é tomada exclusivamente. Em geral, considera-se um agregado, denominado "material oxidável", constituído pela DQO mais a DBO_5 . Na França, por exemplo, adota-se a seguinte média ponderada (em t/a):

$$\text{Material oxidável} = (DQO + 2.DBO_5)/3$$

iii) Além do mais, naturalmente, nunca temos um poluente único a ser atacado num programa de gestão de recursos hídricos. Assim, além da DQO, já mencionada, temos os materiais em suspensão, o nitrogênio, o fósforo, etc. Só isto, evidentemente, amplia substancialmente o número de alternativas a serem analisadas. E, para piorar sensivelmente as coisas, some-se a isso o fato de que um determinado método adotado por um setor para abater, digamos, 80% de sua DBO_5 , em geral estará abatendo materiais em suspensão, fósforo, nitrogênio, coliformes fecais, etc, em proporções diferentes. Isto implica analisar a curva de custo marginal sob uma ótica de custos conjuntos ("joint costs"), tarefa algo mais complicada do que a realizada anteriormente

Considerações finais

Feitas as duas ressalvas acima, também é conveniente explicitar as conclusões de ordem geral que a curva da Fig. 2 nos permite extrair:

i) O exemplo desenvolvido para o caso da DBO_5 no Rio dos Sinos –RS, ilustra o caráter *acentuadamente exponencial*, verdadeira marca registrada das curvas de custo total e marginal de abatimento, e não só no caso da água.. Isto serve para explicar porque as curvas de custo nunca são apresentadas além dos níveis de abatimento de 60%: é que é impossível a representação dos custos para níveis mais elevados, na mesma escala. Além disso, o caráter exponencial da curva de custo marginal serve também para explicar uma consequência muito

iv) Incidentalmente, o estudioso da economia ambiental pode aproveitar a curva da Fig. 2 para tentar um exercício de aplicação do outro instrumento custo-efetivo utilizado em política ambiental, a *negociação de permissões de emissão*. Assim, tendo sido estabelecida uma meta de abatimento de, digamos, 40% da carga poluidora residual atual e, conseqüentemente, distribuídos certificados de emissão totalizando 60% dessa carga poluidora, vê-se facilmente que um setor como o ACA seria vendedor de certificados de emissão, enquanto que um setor como o EIT seria comprador.

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

O núcleo da argumentação baseia-se diretamente em:

- CÁNEPA, E.M.: Economia do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, In: SOUZA, N.J.(org.): *Introdução à Economia*. SP, Atlas, 1996.

A polêmica Kapp-Beckermann acha-se em:

- SACHS, I. (org.): *Political Economy of Environment - Problems of Method*. Paris, Mouton, 1972.

Para a opinião de Pearce sobre ótimo de Pareto e capacidade assimilativa:

- PEARCE, D.W.: *Environmental Economics*. London, Longman, 1976.

Para discussões sobre a taxa social de desconto e ACB:

-DASGUPTA, A K. & PEARCE, D. W.: *Cost-Benefit Analysis: Theory and Practice*. London, Macmillan, 1974. Cap. 6.

-SASSONE, P.G. & SCHAEFFER, W. A: *Cost-Benefit Analysis: a Handbook*. New York, Academic Press, 1978. Cap. 6.

Sobre a polêmica Kline-Banco Mundial:

- Revista FINANÇAS E DESENVOLVIMENTO. Número de março/93. Pgs. 2-8.

Sobre os problemas de valoração da vida humana na ACB:

-MISHAN, E.J.: *Cost-Benefit Analysis - An Informal Introduction*. London, Allen & Unwin, 1982 (3rd ed.).

Os textos relevantes de Baumol & Oates são:

- BAUMOL, W. J. & OATES, W.E.: The use of standards and prices for protection of environment. *Swedish J. Econ.* mar/71, pp 42-54.

- BAUMOL, W. J. & OATES, W.: *Economics, Environmental Policy and the Quality of Life*. Englewoods Cliffs, Prentice-Hall, 1979.

Sobre o sistema francês de gerenciamento de recursos hídricos:

- NICOLAZO, J.-L.: *Les Agences de l'Eau*. Paris, Ed. Johanet, 1989.

- RHIN-MEUSE INFORMATIONS (jornal do Comitê e da Agência Rhin-Meuse): número especial de set-out/89.

- RHIN-MEUSE INFORMATIONS: número especial de dez/89-jan/90.

Um estudo clássico sobre a aplicação da ACE usando padrões de qualidade e metas de abatimento:

- BASTA, D.J., LOUNSBURY, J.L. & BOWER, B. T.: *Analysis for Residuals-Environmental Quality Management - A case study of the Ljubljana area of Yugoslavia*. Washington, Resources for the Future, 1978.

Sobre o uso de curvas de custo marginal global de abatimento:

- ESKELAND, G.: Combate à poluição do ar na cidade do México. Revista FINANÇAS E DESENVOLVIMENTO, dez/92, pp 28-30.

- STER, A: Dez princípios do novo ambientalismo. Revista FINANÇAS E DESENVOLVIMENTO, dez/96, pp. 4-7.

Os dados sobre a bacia do Rio dos Sinos foram extraídos de :

- "Simulação de uma proposta de gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do Rio dos Sinos", trabalho elaborado pela Magna Engenharia, com a colaboração do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS e por solicitação do Conselho de Recursos Hídricos do RS.