

revista Cetesb
de tecnologia

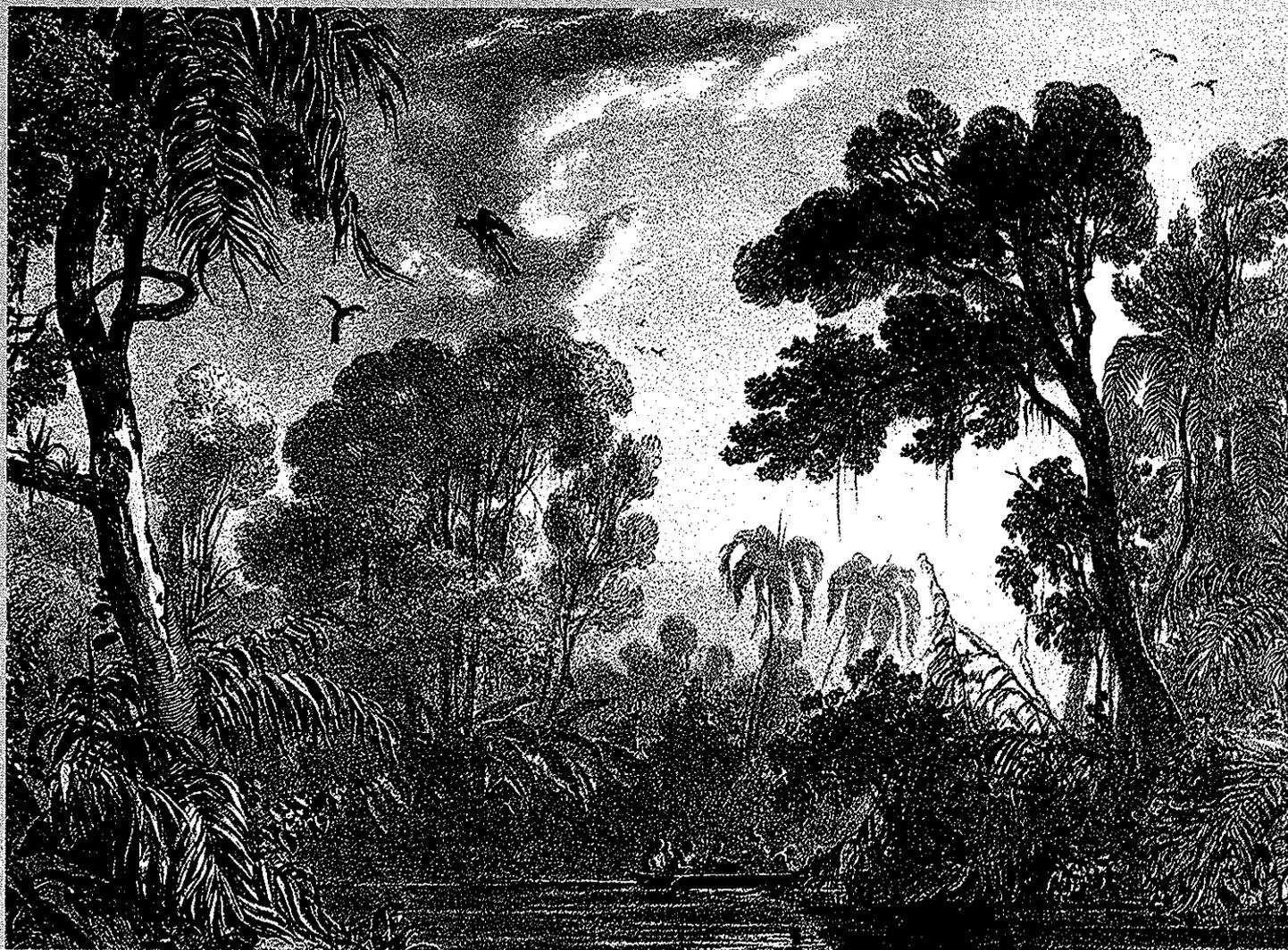
ambiente

Volume 6 Número 1 1992

ISSN 0102-8685

Secretaria de Estado do Meio Ambiente

A gestão das ações antrópicas na Amazônia



O nacionalismo, por Barbosa Lima Sobrinho

Tratamento anaeróbio
de esgotos domésticos

O problema da poluição
sob o ângulo econômico

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Luiz Antonio Fleury Filho
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
Alaôr Caffé Alves
Secretário

CETESB
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Walter Lazzarini
Diretor-Presidente

Carlôs Pedro Jens
Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia

Carlos Pedro Jens
Diretor de Normas e Padrões Ambientais
(Interino)

Lineu Rodrigues Alonso
Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas

Luiz Antonio Ercolin
Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Ricardo Augusto Grecco
Diretor Administrativo e Financeiro

Walter Godoy dos Santos
Diretor de Controle da Poluição do Interior

Volume 6
nº 1
1992
ISSN 0102-8685
Secretaria de Estado
do Meio Ambiente

Conselho Editorial

Adv. Alaôr Caffê Alves
Engº Agrº Walter Lazzarini
Engº Carlos Pedro Jens
Engº Lincoln Rodrigues Alonso
Adm. Luiz Antonio Ercolin
Econ. Ricardo Augusto Grecco
Engº Walter Godoy dos Santos
Arq. Décio José de A. B. Freire
Engº Agrº Paulo de Mello Schwenck Jr.
Sociól. Reginaldo Forti
Geóg. Vincenzo Raffaele Bochicchio
Biól. Sérgio Roberto
Prof. Samuel Murgel Branco
Prof. João Antonio Galbiatti
Prof. Aristides de Almeida Rocha
Prof. Archimedes Perez Filho
Ecol. Francisco Tadeu G. Luz
Prof. Hamilton Targa

Ambiente — Revista Cetesb de Tecnologia está indexada no Excerpta Médica, Elsevier Science Publishers B. V.; no Repindex — Índice da Repidisca — Red Panamericana de Información y Ciencias del Ambiente; no Ensic — Environmental Sanitation Information Service, do Asian Institute of Technology (Tailândia). É divulgada nos sumários correntes brasileiros: Ciências Exatas e Biológicas, do IBICT — Instituto Brasileiro de Informação, Ciência e Tecnologia do CNPq.

EXPEDIENTE

Coordenadora de Comunicação Social:
Maria Emilia Botelho
Assessor de Interação Cultural e Ambiental:
Enio Squelf
Editor-Chefe: Newton Mizuho Miura
Editor de Arte: Fernando Nogueiro
Editora-Executiva: Maria Helena C. Jordão
Secretária de Redação: Rosely F. Martin
Secretária: Severina N. Camillo
Diagramação: José Diniz
Composição, fotolito e impressão: Imprensa Oficial do Estado S/A — IMESP
Redação: Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345, Prédio 1, 8º andar, sala 806, Telefone (011) 210-1100 — ramais 320/377, CEP 05459, São Paulo, SP, Brasil.
Os conceitos emitidos nos artigos assinados nesta publicação são de responsabilidade exclusiva de seus autores. A redação solicita que lhe seja informada qualquer transcrição, referência ou apreciação dos artigos da revista.

Ambiente agradece a inestimável colaboração "ad hoc" dos seguintes especialistas: Engº Alfred Szwarc, Biólogo Cláudio Roberto Palombo, Engº Gabriel Murgel Branco, Prof. Dr. Aldo Rebouças, Profª Dra. Neusa Juliano, Prof. Dr. Evaristo Ribeiro Filho, na laboriosa tarefa de opinar sobre a qualidade dos trabalhos apresentados, para fins de seleção.

Capa: "Embouchure de la Rivière Caxoeira"
Pintor: John Moritz Rugendas
Livro: "Viagem Pitoresca Através do Brasil", Edusp, foto de capa: Carlos Alberto S. Fernandes

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E CONTROLE AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Sumário

Ambiente Mundial..... 4

Editorial 5

Entrevista: **O ambiente do nacionalismo** 6

Capa: **Gestão das atividades antrópicas na Amazônia**
Ben Hur Luttenbarck Batalha 12

Tratamento anaeróbio de esgotos domésticos
Sonia M. M. Vieira 16

A cobrança sobre o uso dos recursos hídricos
Marcelo Pereira de Souza, Júlio Manuel Pires 25

Uso de modelos digitais em Engenharia Ambiental
João Felipe C. L. Costa, Fernando S. de Oliveira 37

Retenção de íons Pb²⁺, Cd²⁺, Co²⁺ e Zn²⁺ em alumina
Sérgia de Souza Oliveira, Cláudio Pereira Jordão, Walter Brune 41

Educação ambiental: questões metodológicas
Germano Seara Filho 45

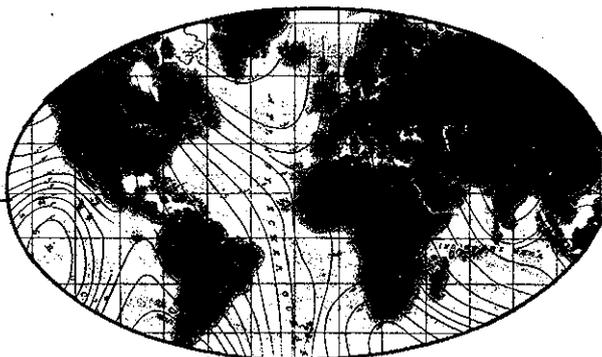
Monitoramento de plantas aquáticas por satélite
Cláudio Roberto Palombo, Marisa Dantas Bittencourt Pereira 49

A precisão dos testes de toxicidade com Daphnia
Eduardo Bertolotti, Marion G. Nipper, Neile Peixoto Magalhães 55

O problema da poluição sob o ângulo econômico
Milo Ricardo Guazzelli 60

Cartas 65

Opinião: Crescer com qualidade de vida
Alaôr Caffê Alves 66



Será o CO₂ o melhor termômetro?

Segundo artigo publicado na revista *Nature* 350:573, de 1991, de autoria de W.C.Wang e cols., a concentração de gás carbônico na atmosfera, considerada isoladamente, não é o melhor parâmetro para avaliação e modelização do efeito estufa. O CO₂ está aumentando, atualmente, a uma taxa de 0,5 por cento ao ano, enquanto que a concentração de clorofluocarbonetos cresce à razão de 4,0 por cento no mesmo período, o metano 0,9 e o óxido nítrico 0,25 por cento, todos esses gases dotados da propriedade de reter parte das radiações solares, responsáveis pelo aquecimento progressivo da Terra. Os pesquisadores simularam um modelo climático, testando as consequências da elevação somente do CO₂ em comparação à soma dos outros gases. Verificam que na estratosfera, entre 17 e 50 Km de altitude, o crescimento de concentração de CO₂ tem efeito inverso ao dos outros gases, com repercussões diferentes em relação à meteorologia. Além disso, puderam verificar que, se houver uma duplicação da concentração de CO₂, a temperatura mundial será elevada em 4,2° C, mas se for levada em conta também a elevação simultânea dos outros gases, o aumento de temperatura será de 5,2° C.

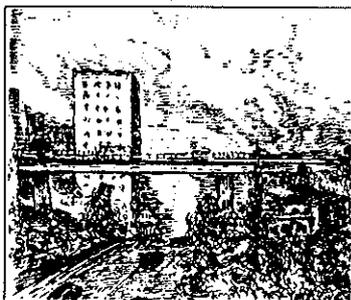
Agricultura em Ambientes Salgados

E.P. Glemm e colaboradores (*Science*, 251:1065, 1991) experimentaram durante seis anos, no deserto costeiro de Sonora, no Arizona, cultivar uma planta halófila, a *Salicornia bigelovii*, irrigada com água salgada. Verificaram que a sua produção de óleos insaturados e de proteínas é superior às da soja e do girassol irrigados normalmente, o que cria uma interessante possibilidade de valorização de terrenos atualmente improdutivos em inúmeras regiões do mundo.

O papel das nuvens no efeito estufa

Interessante artigo publicado na revista *The Sciences*, da Academia de Ciências de

New York, número de maio/junho de 1991, de autoria do "físico atmosférico" da NASA, W.B. Rossow, é dedicado à avaliação dos efeitos das nuvens sobre o balanço térmico da Terra e, portanto, sua influência no efeito estufa. Como se sabe, o vapor da água é praticamente transparente às radiações com comprimentos de onda variáveis entre 200 e 3.000 nanômetros (isto é, bilionésimos de milímetros), deixando passar para a superfície do solo toda a energia que elas contêm. Entretanto, depois de aquecido o solo passa a irradiar ondas de comprimentos muito maior, situadas entre 3.000 e 100.000 nanômetros, os quais não conseguem atravessar de volta, sendo quase completamente absorvidos pelo vapor, originando o efeito estufa natural da Terra, que nos protege contra o excessivo resfriamento que tornaria impossível a vida sobre o planeta. Entretanto, nuvens não são vapor de água, mas sim gotículas condensadas, envolvendo poeira, sal do mar e pequenas quantidades de compostos orgânicos, que são os seus núcleos de condensação. Seu comportamento em relação às radiações solares é muito diferente. Elas refletem de 30 a 60 por cento da energia solar que atinge a Terra, devolvendo-a para o espaço e, assim, resfriando a Terra, em um efeito de 'sombreamento' que todos nós conhecemos. Mas ao mesmo tempo, elas desempenham um papel de 'cobertor', reduzindo a quantidade de calor que é irradiada e devolvida ao espaço, contribuindo, dessa forma, para o seu aquecimento.



A diferença entre os dois efeitos está a favor do primeiro, isto é, as nuvens contribuem mais para o resfriamento do que para o aquecimento. O grande problema que resta, no equacionamento final de todos esses efeitos do vapor, das nuvens e da poluição, para chegar a um modelo confiável do efeito estufa, reside em saber de que maneira o aquecimento adicional produzido pelo CO₂ e outros gases irá interferir na própria produção de nuvens e de vapor de água, que cria uma espécie de indefinível ciclo de inter-relações!

Pesquisa sobre "Economia das Florestas e da Madeira" na Suíça

Hugo Thiemann, um dos fundadores do famoso Clube de Roma disse, ironicamente em 1989, que os projetos de pesquisa mantidos por dinheiro público, dos países industrializados assemelham-se à intenção de construir milhares de vagões de estrada de ferro, sem pensar em produzir as locomotivas necessárias à formação dos comboios! Levando em conta essa crítica as autoridades suíças programaram um completo projeto de pesquisa intitulado: "a madeira, fonte de energia e matéria-prima renováveis" o qual tem como principal característica, a procura de uma perfeita integração entre cientistas, produtores, processadores e consumidores de madeira. "A determinação de características visuais de crescimento e o conhecimento das diferentes condições de desenvolvimento das espécies vegetais fornecerão os dados de base para a execução de novas estratégias de utilização da madeira", segundo artigo a respeito publicado no boletim "Protection de L'environnement en Suisse", nº 2, 1991. O projeto abrange desde pesquisas sobre o crescimento natural de árvores velhas e conseqüente redução de sua função protetora do ambiente, visando reformular a política florestal suíça que veda qualquer intervenção nas florestas de algumas áreas alpinas, até inovações no sistema de fixação de trilhos e melhoramentos nos dormentes de madeira em vista da forte competição apresentada pelos dormentes de concreto. Não seria o caso de se idealizar um programa semelhante para a nossa Amazônia?

Eco do descobrimento

Há uma significativa e feliz coincidência entre a realização da ECO-92 e as comemorações dos quinhentos anos de Descobrimento da América. Por razões que a predação talvez explique, tendemos a esquecer que foi a América, como um todo, que deu à Civilização Ocidental a esperança de que aqui se situaria o Eldorado. Apesar de sua enorme extensão territorial e de quase infinitos recursos naturais isto não se concretizou porque o modelo tecnológico desenvolvido desde o Descobrimento desencadeou um processo predatório de autodestruição, sem paralelo na História.

O Brasil, portanto, não pode ser uma espécie de "réu cósmico" por ainda abrigar as maiores reservas florestais do planeta. É irônico, no entanto, que as atenções do mundo se voltem para esse fato e, paradoxalmente, com tudo o mais de que nos acusam: nossa enorme dívida externa, nossa miséria e, enfim, pela quase absoluta falta de planejamento na exploração racional de nossos recursos naturais. São o desordenamento das cidades, o caos urbano e o êxodo rural alguns dos motes cruéis da predação a que submetemos não só a Amazônia.

Por tudo isso, porém, a ECO-92 reserva-nos a oportunidade de um debate mundial a que não faltarão elementos de autocrítica para todos. De um lado, devemos reconhecer nossas mazelas, que certamente saberemos superar. Mas que sejam repassados recursos e tecnologias limpas para nosso desenvolvimento, é o mínimo que esperamos como contrapartida o não termos imitado outros países na destruição de nossas florestas.

Nesse sentido, porém, os órgãos ambientais e a Cetesb, em particular, têm papéis a cumprir. A produção de tecnologia para o meio ambiente supõe muito mais do que a correção dos aspectos predatórios de nosso crescimento.

É preciso repensar o desenvolvimento e adotar um novo conceito de progresso, aquele que preserve nesta parte da América justamente a feição utópica que ela mantinha e que não foi o que nos reservou, nem o colonialismo dos tempos de Colombo, muito menos o neocolonialismo tecnológico da época contemporânea.

Walter Lazzarini
Presidente da Cetesb



Foto: Jorge Nunes

Barbosa Lima Sobrinho

ENTREVISTA

Barbosa Lima Sobrinho

O ambiente do nacionalismo

Poucas pessoas, principalmente se tratando de uma personalidade pública, como o é Barbosa Lima Sobrinho, podem se gabar de sua conduta política, onde a coerência, ao lado da coragem, constitui uma marca registrada. Realmente, aos 95 anos, completados no dia 22 de janeiro último, ninguém mais que Alexandre José Barbosa Lima Sobrinho tem essa prerrogativa. Formado em Direito, foi deputado federal por Pernambuco de 1935 a 37, presidente do Instituto do Açúcar e do Alcool, de 1938 a 45, voltando novamente à Câmara Federal para participar da Assembléia Constituinte de 1946. Renunciou ao mandato em 1948 para assumir o cargo de governador do Estado de Pernambuco. É ainda membro da Academia Brasileira de Letras, onde foi recebido em 31 de janeiro de 1938. Foi também candidato de protesto, pelo Movimento Democrático Brasileiro — MDB, à vice-presidência da República, em 1973.

Mas é como jornalista que ele se notabilizou, tendo presidido a Associação Brasileira de Imprensa (ABI), por duas vezes, em 1926 e 1929, cargo ao qual voltaria em 1973, onde permanece até hoje por força de sete reeleições consecutivas. E é também na condição de jornalista que Barbosa Lima Sobrinho continua, hoje, a lançar os seus libelos contra o autoritarismo e o entreguismo que dão as cores ao cenário político brasileiro.

Barbosa Lima Sobrinho, um dos principais líderes das grandes mobilizações que este País já viveu, desde a Campanha do “O Petróleo é Nosso” até as Diretas-Já, preside também o recém-criado Movimento de Defesa da Economia Nacional, por meio do qual continua a defender o nacionalismo, que define paradoxalmente como o “imperialismo das nações fortes”, justificando a presença do Estado em vários setores da economia, defendendo, por exemplo, a criação da Eletrobrás, nos primeiros anos da década de 60, e lutando pela regulamentação da Lei de Remessa de Lucros ao Exterior.

Em entrevista exclusiva à revista Ambiente, concedida em 19 de fevereiro último, na sede da ABI, ao jornalista Newton Mizuho Miura, Barbosa Lima Sobrinho fez uma longa análise da história política recente do Brasil, mostrando a mesma coerência e coragem que marcaram a sua vida pública. A sua visão sobre a questão ambiental, igualmente, tem o tom do nacionalismo e nada mais coerente, pois, como ele concebe, estamos tratando do nosso meio ambiente, seja ele o dos centros urbanos, seja o da Amazônia.

Ambiente — O sr. é um acirrado defensor do nacionalismo, sentimento que foi o motor de toda a sua vida pública. Isso quer dizer que o Brasil precisa ter a sua própria cultura, sua própria personalidade? Ou seja, isso passa pela imprensa, pela questão da tecnologia, pela estrutura do nosso modelo econômico, e hodiernamente, pela questão ecológica que, principalmente quando trata da nossa soberania sobre a Amazônia, se confunde com o nacionalismo. É nesse sentido que o sr. defende o nacionalismo?

Barbosa Lima — Eu tenho lido livros recentes em torno do nacionalismo e eles põem em dúvida o nacionalismo cultural, porque com o relacionamento geral que tem havido em todo o mundo, naturalmente que há dificuldades para manter afastada a influência dos países mais cultos, que têm toda uma tradição cultural. Mas no setor econômico, a questão do nacionalismo tem outro aspecto e fica uma questão mais rigorosa de um verdadeiro debate de interesses e de tendências. Eu, aliás, defino o imperialismo como o nacionalismo das nações poderosas, quer dizer, ele não merece propriamente críticas, porque é um

nacionalismo e eles estão no direito de defender seus interesses. Agora, o que eu não compreendo é que os países fracos cedam diante dos interesses do imperialismo ou do nacionalismo das nações fortes. Aí, o conflito de interesses é mais nítido e há necessidade de defender os interesses dos fracos contra os interesses dos fortes. É o que se dá em todos os domínios quando, por exemplo, o Brasil impôs a reserva de mercado para a informática, porque precisava criar uma indústria de informática no Brasil que, segundo me disse Renato Archer, já tem um faturamento equivalente ao da indústria automobilística. Isso mostra como se difundiu e como se manifestou a reserva de mercado em favor da informática. Mas, se eliminarmos a reserva de mercado e admitirmos, para uma indústria nascente, uma concorrência das indústrias mais poderosas estaremos sacrificando a indústria nascente. E todos os países industriais começaram com as indústrias nascentes. Os próprios Estados Unidos praticaram o nacionalismo e a reserva de mercado.

Ambiente — Inclusive aplicando tarifas alfandegárias que protegem as suas indústrias...

Barbosa Lima — A reserva de mercado, aliás, equivale a uma tarifa mais alta. De modo que esse debate contra a reserva de mercado também não tem razão de ser, porque ela está em função da extensão da própria tarifa criada para produtos estrangeiros.

Ambiente — O raciocínio que o sr. está desenvolvendo aplica-se também à questão ecológica, à questão da Amazônia. O nacionalismo das nações fortes, ou o imperialismo como o sr. diz, quer adquirir o direito de gerenciar a Amazônia como reserva de oxigênio do mundo. É justamente a questão que o sr. coloca e nós seríamos então a parte fraca nessa história...

Barbosa Lima — Não é só o nacionalismo que está sofrendo uma redução, mas também a autodeterminação dos povos. É outro preceito que está hoje em crise, que precisa ser restaurado. Essa campanha, por exemplo, contra Cuba atende a quê? Ao interesse, exclusivamente, dos Estados Unidos, que querem Cuba, como absorveram Hawaí e outros domínios. Se não tomarmos uma atitude de defesa diante desse panorama estaremos perdidos. A cobiça estrangeira sempre existiu em relação à Amazônia, não é de hoje, e os Estados Unidos nunca se conformaram em que não tivessem uma presença maior dentro da Amazônia. Se o Brasil não reagir e não acordar para o problema, não tenha dúvida de que os acontecimentos poderão tomar um rumo inteiramente infenso aos interesses reais do Brasil. Nessa questão, ainda, verifica-se que a Amazônia está influenciando muito menos do que os motores que funcionam nos Estados Unidos e na Europa e que contribuem muito mais do que as queimadas na Amazônia, para a destruição da camada de ozônio. Isso não isenta o Brasil de lutar contra as queimadas, embora a tendência universal que se tem verificado, hoje, em vários países como a China e os próprios Estados Unidos, é a de dar maior importância ao reflorestamento que, propriamente, à derrubada, corrigindo muitos erros do passado.

Ambiente — A questão ecológica nas grandes cidades como São Paulo e Rio de Janeiro é essencialmente cultural. Essa paisagem que nós conhecemos faz parte da nossa cultura, com todas as suas mazelas. Isso não precisa ser mudado para que toda a comunidade se engaje numa luta pela defesa do meio ambiente?

Barbosa Lima — Não tenha dúvida de que sem o concurso da massa da população, nesses centros, não se conseguirá muita coisa. Há que se fazer uma campanha nesse sentido, para difundir idéias, para corrigir os vícios que possam ocorrer. Tem-se que convencer, como se convenceu em 47, com a campanha "O Petróleo é Nosso", que ou o Brasil se defende, ou vira, como realmente está se encaminhando para isso, uma nova Polônia, inclusive com os empréstimos externos que não tem como pagar.

Ambiente — E com a abertura do mercado para as importações, o sr. acredita que as nossas indústrias resistirão a essa investida?

Barbosa Lima — Se não houver tarifas protetoras para a indústria brasileira, naturalmente que as empresas nascentes ou as mal-aparelhadas desaparecerão. Por que não estabelecer uma tarifa razoável, que permita uma certa concorrência que leve a indústria nascente a se aperfeiçoar? Eu entendo que basta uma tarifa, não muito alta, que aten-

da também aos interesses dos consumidores, pois eles não podem ser obrigados a arcar com prejuízos para a formação de uma indústria que, às vezes, não tem condições de prosperar.

Ambiente — Aí, nós caímos na questão do investimento em tecnologia para tornar a nossa indústria em condições de competir no mercado internacional. O sr. não acha que o País está investindo muito pouco em tecnologia?

Barbosa Lima — O desenvolvimento tecnológico surge naturalmente quando há a exigência do mercado, como a existência da concorrência do produto estrangeiro. Houve um momento em que a indústria inglesa não pôde concorrer com a indústria americana, que se desenvolveu justamente para enfrentar essa concorrência. Para isso, os americanos estabeleceram tarifas favoráveis que permitiam

**Essa norma seguida
pelo Japão
só merece aplausos:
o capital se faz em
casa. Tem que se
procurar o
aperfeiçoamento
progressivo de todas as
indústrias, como fez
o Japão, que enviou
seus técnicos para
os países
industrializados para
aprender a tecnologia
mais avançada.**

manter essa concorrência. Se fosse um regime de livre comércio e livre entrada de produtos estrangeiros, as indústrias nascentes teriam, talvez, até a impossibilidade de se realizarem e de terem êxito na sua formação.

Ambiente — Em 1973, o sr. escreveu o livro "Japão: O Capital se Faz em Casa". Hoje, o Japão está diferente em relação àquela época, ocupando uma posição de maior destaque na economia mundial. Como o sr. vê, hoje, o Japão e a sua relação atual com o resto do mundo?

Barbosa Lima — Hoje o Japão tem condições de competir. No início, dispunha de tarifas que protegiam a formação de suas indústrias e evitou sobretudo a presença do capital estrangeiro. Eu cito no meu livro a opinião de Oli-

veira Lima, que foi encarregado de negócios do Brasil no começo do século. Ele percebeu exatamente que o Japão não gostava que o estrangeiro fosse ao Japão ganhar o dinheiro que o japonês poderia ter ganhado em seu lugar, embora acrescentasse que isso não impediria que o Japão fosse para os outros países ganhar o dinheiro deles. É a conclusão de Oliveira Lima.

Ambiente — O sr. acha que pelas características culturais, pelo perfil sociológico do brasileiro, essa fórmula se aplica ao nosso País? Que outra saída o sr. vislumbra para o Brasil?

Barbosa Lima — O desenvolvimento japonês teve um momento em que os salários eram baixos. As condições

uma liberdade de comunicação que fez com que o mercado interno seja hoje tão poderoso ou até mais que o mercado externo.

Ambiente — É justamente o que não acontece no Brasil, que não dispõe de um mercado interno para os seus produtos.

Barbosa Lima — Não temos mercado interno e não fazemos nada para melhorar esse mercado interno. Nosso modelo sempre foi exportador. O segredo, por exemplo, da expansão americana foi que também os Estados Unidos procuraram primeiro o desenvolvimento do mercado interno, essencial em qualquer projeto de desenvolvimento, porque dá independência ao País.



de vida do operariado eram difíceis, mas o desenvolvimento econômico do Japão permitiu que, pouco a pouco, os salários fossem aumentando e que as condições de vida melhorassem para o próprio operariado. A meu ver, essa norma seguida pelo Japão só merece aplausos: o capital se faz em casa. Tem que se procurar, através da tecnologia, o aperfeiçoamento progressivo de todas as indústrias, como fez o Japão, que enviou seus técnicos para os países industrializados para aprender a tecnologia mais avançada, como, aliás, também fizeram os Estados Unidos, que enviaram técnicos para estudar os canais projetados na Inglaterra. Esses canais aumentaram consideravelmente a possibilidade de comunicação dentro dos Estados Unidos. No Japão, com as estradas de ferro conseguiu-se, também,

Ambiente — O mercado interno no Brasil é depauperado, com mais de 50 milhões de pessoas em condições de vida extremamente precárias, além de um enorme contingente de brasileiros, economicamente ativos, que não tem acesso nem ao salário mínimo.

Barbosa Lima — É por isso, exatamente, que o desenvolvimento do Brasil é ainda precário, enfrentando graves problemas de distribuição de renda. Um País que tem uma classe privilegiada com uma renda nababesca e uma massa enorme de gente que não tem renda de espécie nenhuma, precisa rever seus planos de desenvolvimento se quiser, realmente, ir para diante.

Ambiente — O que nos ocorre é que isso tudo parece ser uma questão cultural, que os japoneses têm uma cul-

tura milenar que permitiu que eles tivessem um projeto nacional, e o povo encampou esse projeto. Acho que nos Estados Unidos, por razões históricas diversas, ocorreu a mesma coisa. Não temos, nós, brasileiros, essa mesma cultura, portanto...

Barbosa Lima — No Plano Meiji, um dos capítulos iniciais versava sobre desenvolvimento da cultura, foi como ocorreu a alfabetização. O Japão é um dos poucos países do mundo praticamente sem analfabetos. Isso deu condições para que cada operário pudesse ser o melhor que se almejava em relação àquela figura humana. As verbas para a educação, no Japão, são consideráveis, sobretudo no ciclo inicial; e as universidades estão suficientemente aparelhadas para acompanhar de perto e preceder até a expansão do desenvolvimento japonês.

Ambiente — O sr. sempre foi um ardoroso defensor da empresa estatal. Isso ficou claro ao longo desta entrevista. Mas a forma como o governo tem intervido na economia, principalmente depois de 64, não tem sido exagerada?

Barbosa Lima — Onde há necessidade de uma determinada reforma e o capital privado não tem condições de realizar, temos de recorrer ao Estado. O Estado é o elemento supletivo que completa exatamente a ação de uma comunidade. Quando se fez, por exemplo, a campanha em favor do aproveitamento de Paulo Afonso, para produção de energia elétrica, houve os que eram contrários, achando que não teria freguesia para essa energia. A realidade mostrou que o número de quilowatts realizado era insuficiente. Mesmo com as expansões posteriores, toda a produção foi consumida na própria região.

Ambiente — Mas, hoje, essa intervenção não é exagerada?

Barbosa Lima — Tenho defendido muito a necessidade de se fazer um histórico de como foram criadas as estatais no Brasil, para esclarecer muitos aspectos dessa questão. Dizia-se, por exemplo, que o Brasil não tinha petróleo, até que apareceu aquele poço na Bahia. Isso já deu um pouco de alento, mas verificou-se que era insuficiente para atender ao consumo geral da Nação e daí, então, é que se fez aquela campanha de 47, "O Petróleo é Nosso", uma campanha popular que tomou conta do País e chegou à criação da Petrobrás. Agora, se não existisse a Petrobrás, qual seria a situação do Brasil? E o Brasil sem ter petróleo não teria nem os saldos comerciais que vem obtendo, já que a maior parte de seus recursos se gastaria, certamente, na importação de petróleo estrangeiro. Há outras questões, como Paulo Afonso e essas grandes obras de geração de eletricidade, que a iniciativa privada não tinha condições de executar. Não foi produtivo que o Estado interviesse para fazer aquilo que a iniciativa privada não conseguia fazer?

Ambiente — O sr. é presidente também do Movimento de Defesa da Economia Nacional, o Modecon. O que é que propõe esse movimento?

Barbosa Lima — O Modecon é um movimento criado para a defesa das empresas nacionais, do patrimônio público nacional. Nós não excluimos a possibilidade de venda de empresas estatais, desde que se faça dentro dos preços razoáveis, e quando ela for realmente produtiva. Mas não compreendemos que se faça uma guerra, uma sabotagem nas empresas públicas, negando condições de vida para que elas funcionem com perfeita eficiência, só porque são estatais. E no entanto, isso está acontecendo. O governo está fazendo o possível para comprometer a Petrobrás, como faz o possível para comprometer outras estatais, para que não se interponham aos interesses das empresas privadas. Isso é errado; o que se tem de fazer é procurar manter a eficiência das estatais, fiscalizar tam-

bém as empresas privadas e dar condições para que elas prosperem e tenham condições para isso.

Ambiente — O sr. acredita que seja possível, hoje, reeditar campanhas como "O Petróleo é Nosso"? Hoje, o sentimento do nacionalismo não está um pouco esmorecido, principalmente entre os mais jovens? Talvez até por causa da predação cultural a que nós, países fracos, estamos submetidos?

Barbosa Lima — Eis aí um ponto que eu não compreendo. Reconheço que há um certo esmaecimento do nacionalismo, mas ele continua a ser a coisa mais presente em todo o mundo. Na Iugoslávia, é a questão nacional que está presente nessa divisão entre sérvios e croatas, entre

Há um certo esmaecimento do nacionalismo, mas ele continua a ser a coisa mais presente em todo o mundo. No setor cultural ou étnico, pode sofrer influências, mas no setor econômico se não houver um nacionalismo efetivo, os interesses nacionais são sacrificados.

sérvios e eslovenos. A ONU se organizou em 1945 com 51 Estados e, hoje, congrega 162 Estados. A gente verifica que o nacionalismo ainda domina o mundo. Por que não há lugar mais para o nacionalismo? No setor cultural ou no étnico, o nacionalismo pode sofrer influências, mas no setor econômico se não houver um nacionalismo efetivo, constante, perseverante, os interesses nacionais são sacrificados.

Ambiente — Isso porque nós somos culturalmente frágeis, suscetíveis a tais influências.

Barbosa Lima — Na realidade, não temos e a prova de que não temos uma cultura nacional consolidada é que o interesse privado das empresas estrangeiras multinacionais consegue transformar, aqui, um povo, que está inerte diante da venda de estatais como a Usiminas, que é uma conquistadora brasileira, com várias patentes registradas, figurando entre as mais importantes do mundo.

Ambiente — O sr., aos 95 anos, é uma das personalidades com a maior vivência na política brasileira, ocupando

postos e assumindo posturas que o tornaram um observador privilegiado e, como jornalista, foi sempre um arguto analista dos acontecimentos nacionais. Assim, como é que o sr. vê a atual situação política do Brasil? Estamos entrando em uma crise de governabilidade?

Barbosa Lima — A impressão que se tem é de que nós tivemos uma campanha presidencial que não foi das mais recomendáveis, porque houve candidatos que usaram argumentos ou pretextos que não tinham grande consistência, mas que deram grandes resultados na receita dos votos. Aliás, este é um assunto que estamos considerando agora,



porque me parece que quando um candidato se apresenta com um determinado programa, a obrigação dele, desde que eleito, é a de cumprir seu programa. E é exatamente isso que não está acontecendo. Tive a oportunidade de examinar o programa do PRN, partido do atual presidente, tive ocasião também de ver pronunciamentos pessoais dele em torno, por exemplo, da Petrobrás e nada se ajusta. E a tese que eu sustento é que um candidato eleito, através de uma campanha que conquistou votos, está na obrigação de cumprir esse programa, para não iludir os eleitores que votaram nele, seduzidos naturalmente pelo seu programa.

Ambiente — O presidente não está correspondendo com os descamisados, em relação às promessas feitas em campanha...

Barbosa Lima — Nem com os descamisados, nem com as estatais, porque no programa do seu partido está expresso que as estatais rentáveis são inalienáveis. Entretanto, ele está alienando algumas estatais como aconteceu com a Usiminas e outras, que estão sendo vendidas por preços irrisórios. Além disso, ele dizia que as não rentáveis poderiam ser vendidas, só as não rentáveis, pelo justo valor, o que também não está se verificando, pois valem muito mais do que os orçamentos fixados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, sendo trocados por papéis irrisórios, que o governador Brizola classificou como papéis podres.

Ambiente — Isso, mais a abertura do mercado brasileiro para produtos estrangeiros, na sua opinião, atende a que interesses? Pois o que estamos assistindo é a um sumateamento progressivo da indústria brasileira.

Barbosa Lima — A impressão que eu tenho é de que está se obedecendo rigorosamente aos programas do Fundo Monetário Internacional. De modo que se perguntarmos quem é o presidente do Brasil, podemos responder sem nenhuma dúvida: é o Fundo Monetário Internacional, porque esse programa de acabar com as estatais e privatizar tudo corresponde aos ideais e objetivos dessa instituição, que não simpatiza com o fato de encontrar, nos Estados dependentes, uma empresa estatal poderosa e rentável como é a Petrobrás, por exemplo.

Ambiente — Como é que o sr. viu a relação de forças entre os vários segmentos da sociedade nessa eleição? A atuação, ou a ação, dos meios de comunicação não influenciaram de forma decisiva, aética até, no comportamento e na opção do povo na hora de votar?

Barbosa Lima — Sem dúvida, vamos convir que a Globo, do Roberto Marinho, é uma força de comunicação extraordinária e desde o começo esteve à disposição do Collor, antes mesmo de haver outros candidatos. Com palavra fácil, com gestos eloqüentes, usando várias vezes aqueles gestos do Hitler, os braços levantados, falando zangado contra os marajás, ele impressionou o povo.

Ambiente — Agora, a manutenção desse poder de comunicação na mão de poucos, o sr. não considera tal situação por demais inquietante, colocando em risco a própria democracia? Principalmente para o sr., cuja opinião é de que não existe, no Brasil, uma imprensa realmente livre...

Barbosa Lima — Olha, a imprensa, para ser realmente livre, precisa ter um mercado empresarial mais amplo. Nos Estados Unidos, por exemplo, onde a imprensa goza de uma relativa liberdade, é raro um jornal que fique na dependência absoluta de um determinado anunciante. Num mercado ainda precário como é o do Brasil, e sobretudo com as multinacionais, que agem com certo acordo ou certo entendimento entre elas, não há dúvida que os meios de comunicação sofrerão influência decisiva em qualquer campanha política.

Gestão das atividades antrópicas na Amazônia

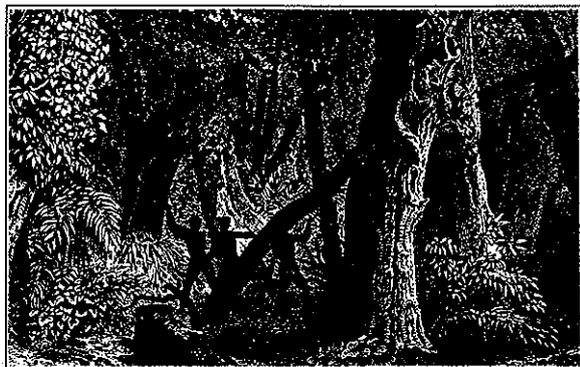
Ben Hur Luttenbarck Batalha*

RESUMO A concepção do texto, ao longo da sua elaboração, procurou realçar que a gestão ambiental das atividades antrópicas na Amazônia, válida também para outras regiões do País, não pode olvidar as necessidades básicas dos seres humanos e que a questão ambiental, mais do que *sinônimo de fauna e flora, ultrapassa tais limites*. Por outro lado, as ações para mitigar os impactos ambientais adversos sobre os recursos naturais devem ser instrumentalizadas pelos órgãos estaduais de meio ambiente, fortalecidos institucionalmente e alicerçados na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias apropriadas ao manejo da qualidade ambiental da Amazônia.

Sem possuir a pretensão de esgotar o assunto ou do apanágio da verdade, tenta, ainda, o texto, lançar as *Bases da Macro Gestão Ambiental* e dirigir a problemática da degradação ambiental da Amazônia, na *discussão de soluções dos mecanismos analógicos e orgânicos* ao seu equacionamento, escapando das análises abundantes dos *Efeitos das Atividades* modificadoras do meio ambiente.

ABSTRACT The conception of this text, on the whole, tried to emphasize the fact that the Environmental Administration of anthropic actions in Amazonia, also valid for other Brazilian regions, cannot neglect the basic necessities of the Human Being, and that the environmental question is not restricted to be a mere synonym for such terms as Fauna and Flora, but means much more than that. On the other hand, the actions intended to mitigate the adverse environmental impacts must be implemented by Environmental State Agencies, institutionally strengthened and based on researching and development of technologies suitable to the handling of the Amazonian environmental quality. Without assuming that the matter is exhausted, or that there is not another expression for the truth, the text tries to establish several bases for an environmental macro-administration and control the Amazonian environment degradation question in the discussion of analogical and organic solutions for its problems, avoiding numerous analyses of the action effects that modify the environment.

A questão ambiental, segundo uns, ou a questão ecológica, segundo outros, assumiu, ao término da década, e com muito mais intensidade nesta que se inicia, uma direção e sentido influenciados por fatores internos e externos, exigindo o encontro de uma perspectiva política que atenda ao clamor e às necessidades básicas da sociedade. Todavia, isto somente é possível a partir de um exame da realidade que propicie diretrizes à ação política e o equacionamento dos meios possíveis e necessários ao objetivo de crescer, sem degradar o ambiente.



Ao analista da problemática ambiental, permite-se extrair uma correlação entre o comportamento ambiental e o estágio do desenvolvimento de cada sociedade. Assim, no primeiro mundo ou mundo desenvolvido, pela concentração de riquezas que obteve, inclusive pela drenagem dos recursos naturais das áreas menos desenvolvidas, atingiu-se uma elevada capacidade de atendimento das suas necessidades básicas e qualidade de serviços e produtos sem similar na sociedade humana. Pode-se dizer que o primeiro mundo conseguiu um estado de controle entre a necessidade e a disponibilidade dos recursos naturais locais, sem, contudo, abdicar daqueles provenientes de outras regiões do planeta.

*Especialista da Área Ambiental, foi Secretário Especial do Meio Ambiente (SEMA — BRASIL) e Presidente do Instituto do Meio Ambiente do Estado do Amazonas.

A Amazônia, esta imensa área do Território Nacional e que abriga a maior Floresta Tropical Úmida do Planeta, vem sendo ocupada sem planejamento e estudo da vocação natural de seu solo, pressionada pela migração dos contingentes humanos das regiões endêmicas de fome no Brasil. É a degradação social conduzindo imensas legiões de seres humanos à procura de melhores condições econômicas nos grandes projetos agrícolas, industriais, minerais ou nos seus próprios empreendimentos, cujo principal reflexo é a degradação ambiental. A ganância, a miséria, a procura do lucro fácil levaram também para esta região a garimpagem, a pesca e a caça predatórias, o desmatamento. E isso, onde não existem os mais elementares serviços de infra-estrutura para a Ecologia Humana. Esta expansão desordenada, como não podia ser, potencializou a devastação que está sendo utilizada com interesses por uns, com sinceridade em impedi-la por outros.

A compreensão do presente se torna mais fácil ao se entender o passado, no caso, a retrospectiva da ocupação antropológica da Amazônia que sempre se baseou nos seus recursos naturais abundantes. No início das décadas deste século, a região Amazônica foi lentamente ocupada através dos rios e sua economia se baseava no extrativismo, de cujo produto principal foi tirado o nome de Ciclo da Borracha. A borracha, juntamente com a extração de castanha, de juta e outros produtos de grande valor comercial, foi responsável pelo notável surto econômico da época, registrado no desenvolvimento urbano, político e cultural de Manaus daquele tempo. Constituiu-se num período da utilização racional dos bens naturais renováveis e cujo aproveitamento econômico gerou investimentos de infra-estrutura adequados ao crescimento demográfico da região. Todavia, esta economia nascente e em expansão decaiu, pela ação dos países desenvolvidos ao incrementar a plantação de borracha próxima aos centros desenvolvidos e, mais tarde, pela criação da borracha sintética. Posteriormente, houve um longo e silencioso período de estagnação da economia da região.

Pode-se balizar a década de 50 como a retomada da integração física da Amazônia ao restante do Território Brasileiro, com a construção da Rodovia Belém-Brasília, conduzindo a expansão da fronteira agrícola e industrial. Naquela época, a preocupação internacional incentivava o crescimento material de um mundo do pós-guerra e em conflitos localizados, desdenhando qualquer preocupação com o meio ambiente pela inexistência de uma Geopolítica Ambiental.

O reflexo desse comportamento desenvolvimentista ocorreu, ao longo do Território Nacional, e naquilo que se convencionou tratar como Amazônia Legal, uma área de 5.029.322 km² e compreendendo os Estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá, Pará, Tocantins e parte dos Estados de Mato Grosso, Maranhão, com destaque nos eixos rodoviários da Belém-Brasília, a Cuiabá-Porto Velho-Rio Branco, a Cuiabá-Santarém, a Transamazônica e na área adjacente ao Projeto Grande Carajás. Aliás, na ótica do "progresso a qualquer custo", o Brasil não foi exceção ou marginal da Política de Degradação Ambiental Planetária... mas, sim, o parceiro do mundo desenvolvido — aquele que detém uma privilegiada qualidade de vida pela concentração de riquezas, em grande parte a conseguiu usufruindo ou transformando os recursos naturais dos grandes ecossistemas exportadores de matérias-primas. Isto não justifica a abstração da responsabilidade

nacional com a qualidade dos recursos naturais não renováveis, mas demonstra que a nossa jovem nacionalidade, com carência de conforto material para atender às necessidades básicas dos seres humanos, não possuía a consciência ambiental, nem referencial de modelo para se pautar.

Embora o desenvolvimento e a integração da Amazônia ao Território Nacional se constituam num imperativo, a sua ocupação sem ordenamento e de forma predatória não pode continuar, tanto como é inconcebível o congelamento do seu crescimento para atender aos interesses em mantê-la intocável como eventual reserva estratégica de recursos naturais às necessidades de consumo do mundo desenvolvido, num horizonte de tempo.

Na atualidade, devido aos interesses alienígenas na formação da opinião pública nacional, com uma conceitualização distorcida das ações para a preservação e promoção da qualidade ambiental, o seu entendimento tem prevalecido como sinônimo de fauna e flora. Não é somente isto e sim além disso. A sociedade brasileira convive com uma pluralidade de problemas e, relegá-los, é abstrair da dimensão global do ambiente e não assumi-los na plenitude. É uma utopia imaginar que a questão ambiental na Amazônia ou no restante do País, será equacionada se não se atender conjuntamente às necessidades da Ecologia Humana. Até que ponto se pode contar com a colaboração da sociedade, dos seres humanos, na mitigação dos impactos ambientais adversos nos recursos naturais, ressaltando-se a opinião daqueles que não possuem habitação, vivem em assentamentos urbanos precários e onde inexistente ou é deficiente o abastecimento da água, esgotamento sanitário, coleta e disposição de lixo, drenagem urbana, transporte, educação e saúde? Como ensinar o respeito à Ecologia dos recursos naturais no império da violência urbana... da violência contra a Ecologia Humana? A política para o equacionamento da degradação ambiental não obterá êxito enquanto não conseguir inserir, na sua consecução, esta triste realidade nacional, oscilante entre a miséria e a riqueza... entre o anacrônico e o moderno... entre a tecnologia rudimentar e a avançada. A pobreza, para o anátema de alguns segmentos mais exaltados do movimento verde de características messiânico-autoritárias, se constitui no combustível para a degradação ambiental, tendo como importantes aliados aqueles que almejam o lucro em nome de um instante e desdenham do bem comum.

A observância das características de qualidade da água, ar, solo, fauna e flora — essenciais à vida — será atendida com muito maior facilidade se as necessidades básicas dos seres que compõem e degradam a Biosfera também forem atendidas. Sem dúvida, a vida humana existe no Planeta por causa do conjunto de condições ambientais na qual se insere, sendo o desenvolvimento econômico factível quando em harmonia com o Ambiente... com a Biosfera e a possibilidade desta co-existência alicerça a Gestão Ambiental das Atividades Antrópicas. O que se discorda é com a postura do congelamento do crescimento nacional na Amazônia, rica em recursos naturais que podem e devem ser racionalmente manejados, desde que apoiados em pesquisa e tecnologia que orientem a Gestão Ambiental e assim se consiga o mínimo racional de impacto nas atividades modificadoras do meio ambiente. Ao se desenvolver atendendo as necessidades básicas da Ecologia Humana, por extensão, *se preserva, se conserva a qualidade dos recursos naturais da Amazônia — do Brasil — do Planeta.*

Bases operacionais

A maioria das ações humanas envolvidas na execução de um dado empreendimento conduz a alterações reversíveis ou irreversíveis no substrato físico (também conhecido como meio abiótico) e onde se processam e integram as atividades biológicas (meio biótico) — influenciando ou sendo influenciadas pelas *características geoquímicas do meio*. Contudo, existirá, freqüentemente, um determinado intervalo de tempo, onde o desenvolvimento da ação antrópica com a finalidade da produção *conflita* com a estrutura estabilizada dos ecossistemas cujos principais impactos ambientais adversos, passíveis de mitigação, se relacionam ao:

a) Meio Físico

- *Qualidade das águas superficiais e subterrâneas*: alteração das características bio-físico-químicas e aos seus múltiplos usos.

- *Qualidade do ar*: liberação pelas fontes de poluição de contaminantes químicos no micro e macro ambiente, refletindo na saúde pública e na vida dos ecossistemas, como por exemplo: material particulado, monóxido de carbono, óxido de nitrogênio e enxofre, hidrocarbonetos, aumento do CO₂ na atmosfera e, conforme o processo industrial, os compostos aromáticos polinucleares, na sua maioria promotores de ação cancerígena.

- *Clima e condições meteorológicas*.

- *Qualidade do solo*: ocasionando a remoção da cobertura vegetal e que pela ação das águas pluviais será erodido e empobrecido para sua reabilitação. Como ilustração, dados de solo obtidos na Amazônia Peruana e alguns outros subsídios provenientes do Projeto RADAN — Brasil — demonstram que somente 3% da área total têm aptidão agrícola, 8% aptidão pastoril, 60% aptidão silvícola e 29% destinam-se exclusivamente à proteção dos recursos naturais. Ora, deve-se lembrar que a Amazônia não se constitui num espaço territorial homogêneo mas, sim, numa grande diversidade genética que varia desde a maior Floresta Tropical Úmida a regiões de Cerrados e Várzeas.

b) Meio Biológico

- *Ecossistema terrestre*: incluindo a fauna e a flora, as relações simbióticas e a sucessão ecológica — estando a exigir a identificação destas relações para a preservação da fauna e a conservação da flora, inclusive com a implantação de trabalhos de reabilitação.

- *Ecossistemas aquáticos*: a mitigação da atividade antrópica nas populações aquáticas de zooplâncton, fitoplâncton e na fauna ictiológica, entre outras.

- *Ecossistemas de transição*: as medidas preventivas e corretivas para proteger as matas de Igarapé e a fauna que convive nestes ecossistemas.

c) Meio Antrópico

- A carência de equipamentos urbanos e comunitários nos assentamentos humanos.

- A inexistência ou demanda adicional excessiva dos serviços de saúde, educação, transporte e habitação.

- Perda de recursos econômicos pela degradação da qualidade das águas, do solo e destruição da cobertura vegetal. O conflito entre a produção de bens materiais para aten-

der a sociedade dos seres humanos, com o imperativo da proteção ecológica, é inegável, inevitável e o reconhecimento deste fato direciona as ações do controle ou da conservação ambiental na mitigação dos impactos ambientais adversos, oriundos das ações antrópicas. Para isso, os órgãos ambientais são dotados de mecanismos jurídicos com capacidade de disciplinar as necessidades do crescimento econômico com o mínimo de dano à biota e ao seu meio. Ao se examinar mais detalhadamente a legislação disciplinadora da proteção ambiental, observa-se uma profusão de um grande número de normas legais dispostas sobre o controle da poluição, uso e exploração dos recursos naturais, unidades de conservação e outras. Todavia, o que se verifica é que a maioria dos órgãos estaduais do meio ambiente, para executar o previsto na legislação federal ou estadual, não está estruturada, técnica ou operacionalmente. Além do mais, nesta abundância de normas ou resoluções, algumas atendem plenamente a sua finalidade, enquanto outras estão a exigir uma revisão e atualização para adequá-las às peculiaridades regionais da *Gestão Ambiental*.

Nas ações para a organização da Gestão Ambiental das Atividades Antrópicas na Amazônia, mas aplicável a outras regiões do País, deve-se ter a plena percepção de que a sua atuação precisa ocorrer a nível global... macro e a nível do empreendimento... da fonte de degradação ambiental. No primeiro nível, a ação política ambiental é apatrimônio dos órgãos de controle estaduais e/ou federal, auxiliada por entidades do governo que catalisam modificações no meio ambiente, tais como os Órgãos de Desenvolvimento Regionais. A postura destes órgãos deve ser especialmente voltada ao cumprimento da legislação e à mitigação dos impactos ambientais adversos. Com relação às medidas a serem adotadas pelo empreendimento na sua área de influência, a primeira seria o cumprimento de eventuais exigências emanadas das autoridades ambientais e a implantação ou implementação do autocontrole da fonte de contaminação ambiental.

Faz-se imprescindível realçar que a *Gestão Ambiental* pode ser dividida em duas atividades operacionais qualitativamente distintas, mas que se interagem e se integram, ou seja, o controle das fontes estacionárias e difusas da contaminação ambiental e aquelas de preservação e conservação da fauna e flora. Na primeira, o agente operacional é representado pelo *Licenciamento e a Fiscalização*. Conforme previsto na legislação federal e inserida em diversas legislações estaduais, a avaliação do impacto ambiental é que instrui o licenciamento ambiental antes da instalação de um empreendimento com características essencialmente preventivas. O exame deste estudo é que permite verificar a conformidade do empreendimento com as exigências legais, os usos múltiplos dos recursos naturais, as ações utilizadas para mitigar os impactos ambientais adversos e o seu respectivo monitoramento. A avaliação do impacto ambiental de atividade modificadora do meio ambiente, embora contemple também a análise setorial do projeto, em seus múltiplos aspectos, permite a sua integração numa abordagem global que extrapola as evidências específicas e possibilita a tomada de decisão a nível de uma adequada *Gestão Ambiental*. Na segunda atividade da Gestão Ambiental, mas no mesmo plano de atuação, o agente operacional que consubstancia a estratégia da ação é constituído pelo *zoneamento ambiental e a fiscalização específica*. Com relação ao zoneamento, este se constitui de fundamental im-

portância para uma adequada Gestão Ambiental que se compatibilize com o desenvolvimento econômico; e praticamente inexistente a sua implantação na Amazônia e no restante do Brasil. O que se observa, em contrapartida, é a multiplicação de um grande número de unidades de conservação, como, por exemplo: Parques, Reservas Biológicas, Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Permanente, Áreas de Proteção Ambiental, Áreas de Relevante Interesse Ecológico e outras categorias de unidades de conservação, bem como as Reservas Indígenas, como se isso fosse o grande objetivo do zoneamento ambiental. Revela-se, contudo, a premente necessidade da implantação, na Amazônia e no Brasil, de zoneamento ambiental que defina as áreas de ocupação para as múltiplas atividades da Ecologia Humana e que fosse o alicerce de onde seriam emanadas as ações ambientais, disciplinadoras do uso do solo.

Um aspecto a ser realçado na Gestão Ambiental e principalmente aplicável à Amazônia, é que a sua estruturação e operacionalização, tanto nas ações de controle como de conservação, em nenhum instante pode prescindir da pesquisa e tecnologia — alicerçadora das medidas para o controle, a preservação ou conservação da água, ar, solo, fauna e da flora... recursos naturais, sujeitos aos impactos da ação dos seres humanos.

Não se deve olvidar que o controle da contaminação, oriunda das fontes pontuais ou difusas, detém uma razoável disponibilidade de recursos tecnológicos acumulados ao longo dos anos, provenientes da experiência internacional ou nacional, para reduzir a carga de poluentes dos efluentes industriais, das emissões atmosféricas ou dos resíduos sólidos. Todavia, o conhecimento científico para o *manejo ambiental da Amazônia* ainda não possui o mesmo nível de disponibilidade de *informações tecnológicas* do controle da poluição industrial. Isto se constata ao se tratar de reabilitar áreas degradadas com cobertura vegetal nativa; estudo de quebra de dormência de sementes autóctones; na relação simbiótica fauna-flora; dados específicos de sucessão ecológica; dos ambientes aquáticos de água doce; manejo da fauna silvestre e tantos outros dados, ainda incompletos no conhecimento, para orientar com segurança diversos aspectos da Gestão Ambiental. A superação desta lacuna é imperativa e não se pode abdicar do apoio internacional de recursos de toda ordem no auxílio do equacionamento do *manejo científico, com a finalidade do aproveitamento racional dos recursos naturais da Amazônia*.

Na elaboração das *Bases da Macro Gestão Ambiental*, o exame e a procura no encaminhamento de soluções a curto e a médio prazos envolvem a atuação nas seguintes áreas:

• *Fortalecimento* administrativo, operacional, tecnológico e de fiscalização dos órgãos estaduais de *meio ambiente da Amazônia*, com ação *supletiva* do órgão central e que responde pela execução da Política Nacional do Meio Ambiente. Embora os instrumentos de execução da Política Ambiental estejam previstos na legislação, os mesmos são implementados de forma precária. Esta precariedade se deve, em princípio, aos seguintes fatores:

— falta de capacitação técnica;

— falta de articulação com outros setores do governo para divisão de tarefas, integração ou delegação;

— dificuldades para operacionalizar o atendimento das diferentes escalas de problemas e demandas;

— dificuldades políticas para inserir o planejamento ambiental no elenco de tomada de decisões do planejamento econômico;

— dificuldade de entendimento dos setores econômicos do governo com o setor ambiental;

— inexistência de um entendimento comum sobre a gestão ambiental que se deseja, seus objetivos e prioridades.

• Realização do *zoneamento ambiental* da Amazônia, com a identificação dos *usos permitíveis do solo* e cuja *implantação* se fundamente em *incentivos ou restrições* apoiados em programas de desenvolvimento científico, tecnológicos e econômicos — *contemplando áreas destinadas a:*

— preservação ambiental, inclusive as áreas de preservação permanente;

— conservação ambiental;

— assentamentos humanos em áreas urbanas e áreas rurais;

— atividade agropecuária, florestal, industrial e perfil sócio-econômico da população beneficiada;

— atividade extrativista, incluindo os cursos de águas superficiais, para aqüicultura;

— usos múltiplos dos recursos hídricos;

— mineração;

— terras indígenas;

— segurança do território nacional ou de interesse específico da administração pública;

— priorização de reabilitação de áreas degradadas com espécies nativas;

— localização do sistema viário e estradas vicinais, existentes ou a serem projetadas;

— outros usos significativos do solo na região.

• *Impacto Ambiental*: exigência dos estudos de impacto ambiental nas atividades modificadoras do meio ambiente, objeto do financiamento (EIA/RIMA) previamente aprovado pela autoridade competente, condicionando o desembolso futuro dos recursos financeiros a dados de monitoramento dos impactos.

• *Divulgação de tecnologias* presentemente disponíveis para o controle das fontes de contaminação e manejo da fauna e da flora.

• *Normas técnicas*: concepção de normas técnicas em função das peculiaridades do empreendimento, para disciplinar os impactos ambientais adversos nos recursos naturais.

• *Pesquisa e tecnologia*: levantamento das carências de informações *prioritárias* ao controle da degradação ambiental, especialmente relacionadas à reabilitação da cobertura vegetal com espécies nativas, a fauna aquática, a fauna aérea e terrestre; bem como critérios de monitoramento dos impactos.

• *Treinamento de Recursos Humanos*: tanto os envolvidos com o controle da qualidade ambiental quanto aqueles que direta ou indiretamente contribuem para a modificação do meio ambiente.

Tratamento anaeróbico de esgotos domésticos

Resultados de pesquisa e aplicação em escala real:
trabalho apresentado no 5th International Symposium on Anaerobic
Digestion, Bologna, Itália, de 22 a 26 de maio de 1988.

Sonia M.M. Vieira *

RESUMO A péssima qualidade das condições de vida da população brasileira tem como uma das causas principais a carência de oferta de serviços de saneamento. Este fato, aliado à grande concentração urbana existente no Brasil, com uma das regiões metropolitanas mais densamente povoadas do mundo, aponta para a busca de tecnologias compatíveis com essa realidade, levando ao desenvolvimento da aplicação do reator UASB para o tratamento de esgotos. Inicialmente foram realizados ensaios em um reator UASB de 106l de capacidade, que mostraram a viabilidade do processo e forneceram respostas às principais questões típicas de um novo sistema de tratamento de esgotos domésticos, como seu comportamento frente a variações de carga hidráulica, carga orgânica e temperatura. Tendo-se obtido respostas positivas do sistema que operou com esgoto bruto à temperatura ambiente e TRH = 4h, fornecendo efluente com 57 mg DBO/l, 155 mg DQO/l e 59 mg SS/l, passou-se à fase de demonstração da tecnologia para sua disseminação. Projetou-se um reator UASB de 120 m³ com os mesmos parâmetros do reator 106l e sua operação comprovou os resultados anteriormente obtidos; TRH de 6,5 horas forneceu efluente com 113 mg DQO/l e 48 mg DBO/l e TRH de 4,7 horas forneceu efluente com 132 mg DQO/l e 59 mg DBO/l mantendo sempre a média de 45 mg SS/l. Processos de pós-tratamento fornecem o polimento e desinfecção do efluente. Esses resultados mostraram que o reator UASB como sistema alternativo de tratamento de esgotos, oferece uma nova opção tecnológica simples e econômica possibilitando a melhoria das condições de saneamento do país.

ABSTRACT The extremely bad quality of living conditions of Brazilian population has, as one of its main causes, the lack of sanitation services supply, in addition to the large urban concentration existing in Brazil, with one of the highest density metropolitan regions of the world. This fact points toward the search for technologies compatible to such actualities. This led to the development of the use of UASB reactor for sewage treatment. Initially, tests were made with a 106l capacity UASB reactor, which showed the process feasibility and answered to the main typical questions of a new domestic sewage treatment system, e.g. its behaviour with hydraulic load variation, organic load and temperature. As positive results were obtained with this system at HRT = 4 h and ambient temperature, i.e. effluent values of 57 mg BOD/l, 155 mg COD/l and 59 mg SS/l, the technology was tried out at demonstration scale looking for its further diffusion. A 120 m³ UASB reactor was designed and constructed and its operation confirmed the results obtained in the pilot plant; i.e. HRT of 6.5 hours gave effluents with 113 mg COD/l and 48 mg BOD/l and HRT of 4.7 hours gave effluents with 132 mg COD/l and 59 mg BOD/l, always with an average SS-concentration of 45 mg SS/l. The investigated post-treatment processes gave a satisfactory polishing in terms of COD, BOD and disinfection of the effluent. These results clearly show that the UASB concept as sewage treatment system offers a new, simple and economical technological option for facilitating the improvement of sanitary conditions of the country. **KEYWORDS:** Anaerobic treatment, domestic sewage, sewage treatment, UASB reactor, bioreactor, design, operation, granulation, performance, costs.

O Brasil que possui a oitava economia mundial, com capacidade produtiva de US\$ 290 bilhões, altamente diversificada e integrada ao sistema econômico mundial, mantém a maioria dos 142 milhões de habitantes em péssimas condições de vida.



Alguns parâmetros evidenciam a perversidade do padrão de acumulação de capital. Temos 72% da população economicamente ativa com um rendimento mensal de até US\$ 180 e, o salário mínimo nacional é um dos menores do mundo, cerca de US\$ 60. O índice de mortalidade infantil é um dos mais altos do mundo, sendo o quarto da América Latina, inferior somente ao da Bolívia, do Haiti e de Honduras. Em 1984, 68 crianças com menos de um ano de idade morreram para cada mil que nasceram. Este índice alarmante tem, como uma das principais causas, as doenças que derivam da falta de saneamento básico, como a febre tifóide, desintéria, diarreias, hepatite, infecções intestinais, colite e gastroenterites. Ainda em 1984, os dados gerais sobre saneamento básico mostram que somente 57% da população possuía abastecimento de água e 24% possuía esgotamento sanitário. As políticas sociais dos go-

* Química pelo Instituto de Química da USP e Mestre em Bioquímica pela Universidade de Paris. É química pesquisadora na Cetesb desde 1976 e Gerente do Setor de Pesquisa de Efluentes Domésticos.

vernos federal e estaduais, bem como as políticas tecnológicas e de planejamento urbano utilizadas em tais setores, ficaram sujeitas a um padrão de acumulação capitalista altamente excludente e concentrador de riquezas, sem melhoria significativa das condições de vida da população.

No setor de saneamento básico há o mesmo modelo concentrador, apresentando as distorções já citadas ou seja, a expansão na oferta de serviços, foi dirigida fundamentalmente às camadas de alta e média renda. Por outro lado, o perfil da tecnologia utilizada, além de ser convencional e possuir elevados custos de operação e manutenção, não é compatível com os níveis de renda da maioria da população, nem com a configuração do espaço urbano, das regiões metropolitanas brasileiras. Com efeito, as soluções tecnológicas para saneamento básico têm que levar em consideração a extratificação, rigidez e complexibilidade adquiridas pelas regiões metropolitanas brasileiras. Por exemplo, dez destas regiões (Brasília, Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba, Porto Alegre) são responsáveis por 30% da população do Brasil.

A míngua condição de esgotamento sanitário da população brasileira (25%) se refere somente às condições de coleta. As cidades brasileiras em, sua quase totalidade, não são dotadas de tratamento de esgotos.

A situação na Região Metropolitana da Grande São Paulo (RMSP), não foge a essas características. Localizada no Estado de São Paulo, ocupando uma extensão de 8.000 km², a RMSP compreende 37 municípios entre os quais a cidade de São Paulo, capital do estado. Com cerca de 16 milhões de habitantes e responsável por 25% da produção industrial do país, menos de 50% da população possui rede de esgotos dos quais 6% são tratados a nível primário e 1% a nível secundário. Os rios Tietê e seus afluentes, Pinheiros e Tamanduatef, que cortam a RMSP, tornaram-se verdadeiros esgotos a céu aberto.

A responsabilidade do tratamento e disposição final de esgotos da RMSP está a cargo da Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a concessionária dos serviços de saneamento básico em 300 municípios do Estado. Atualmente esta empresa revê um plano de coleta, tratamento e disposição de esgotos SANEGRAN — que existe há 12 anos, e que possui o mesmo princípio dos planos elaborados a partir de 1953, empregando tratamento convencional, baseado em lodos ativados e lagoas de estabilização. A revisão estuda sete alternativas que diferem no número e localização das estações de tratamento. Uma das opções, que inclui uma grande lagoa de estabilização, tem como pré-tratamento um reator UASB. A capacidade final de tratamento é de 53,2 m³/s, correspondendo a 80% do esgoto coletado. O horizonte do projeto é o ano 2005. Para tal, foi dimensionado um conjunto de redes coletoras e coletores tronco, comum às sete alternativas, com

extensão de 25.213 km. Seu custo é de US\$ 780 milhões aproximadamente. Já os investimentos correspondentes ao tratamento para cada uma das sete alternativas, incluindo elevatórias, interceptores, tratamento, emissários e desapropriações são avaliados entre US\$ 984 milhões e US\$ 1.402 milhões.

Desenvolvimento do reator UASB para o tratamento de esgotos domésticos no Brasil

Com a crise de energia na década de setenta, diversos processos anaeróbios de alta taxa vinham sendo desenvolvidos, apresentando soluções mais simples e econômicas para o tratamento de resíduos industriais. A adaptação desses processos ao tratamento de resíduos diluídos poderia representar uma excelente solução para o tratamento de esgotos domésticos.

No Brasil, o uso de filtro anaeróbio, para instalações de pequeno porte passou a ser bastante utilizado, sobretudo depois que a Associação Brasileira de Normas Técnicas normalizou seu emprego para o tratamento de efluentes de fossas sépticas.

Experimentos realizados num sistema deste tipo apresentaram excelentes resultados de remoção de carga orgânica (Vieira e Alem, 1983), mostrando seu potencial.

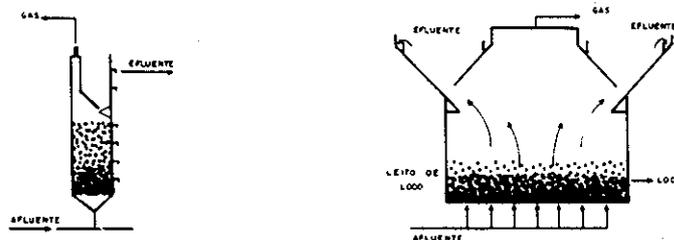
Dentre os processos que vinham sendo desenvolvidos para o tratamento de altas cargas orgânicas, o reator UASB se destacava pela sua simplicidade (Lettinga, 1980). Decidiu-se, então, adaptar este tipo de reator ao tratamento de esgotos domésticos que, desde as primeiras experiências (Lettinga, 1983), mostraram resultados interessantes.

Neste trabalho são apresentados os desenvolvimentos de sistemas de tratamento de esgotos domésticos através de reator UASB pelo grupo de Digestão Anaeróbia da CETESB, que é o órgão encarregado de efetuar o controle da poluição e o desenvolvimento de tecnologia em Saneamento Ambiental no Estado de São Paulo. Aponta ainda o esforço que vem sendo realizado no país para aplicar soluções não convencionais a fim de suprir as necessidades de tratamento de esgotos da população brasileira.

Resultados obtidos em escala de laboratório — reator UASB de 106 l de capacidade

Inicialmente foram realizados ensaios em um reator de 106 l de capacidade com os seguintes parâmetros adaptados ao tratamento de esgotos domésticos: TRH = 4 h; velocidade superficial no decantador: 0,7 m³.m⁻².h⁻¹; taxa de liberação de gás, 1,0m³.m⁻².h⁻¹; velocidade do líquido através da abertura inferior do decantador: 5 m³.m⁻².h⁻¹; inclinação das paredes do decantador: 50°. Um esquema do reator é mostrado na figura 1a (Vieira, 1984).

Figura 1 — Esquema dos reatores UASB utilizados nos experimentos em escala de laboratório (106 l) e em escala de demonstração (120 m³)



Tratamento de esgoto sob temperatura e carga hidráulica constante — Reator UASB de 106 ℓ.

O digestor de 106 ℓ de capacidade, foi operado continuamente com esgoto pré-decantado, durante sete meses, à temperatura de 35°C. Utilizou-se como inóculo, lodo digerido de esgoto com 1% em sólidos totais. Após quatro meses, atingiu-se estabilidade do processo e, durante mais três meses, o mesmo foi operado em estado estacionário. O tratamento mostrou-se bastante eficiente, apresentando os resultados mostrados na tabela 1 (Vieira, 1984).

Tratamento de esgoto frente às variações de carga orgânica e hidráulica.

Mantendo-se as mesmas condições operacionais observou-se o comportamento do processo frente às variações de DBO e DQO, apresentadas pelo esgoto ao longo do dia.

Verificou-se estabilidade nas características do efluente, na faixa de 25 a 65 mg DBO/ℓ e 79-170 mg DQO/ℓ apesar das variações na alimentação: mínimo de 60 mg DBO/ℓ e 145 mg DQO/ℓ e máximo de 220 mg DBO/ℓ e 430 mg DQO/ℓ (Vieira, 1984).

Também as variações de carga hidráulica a que foi submetido o reator, mostram sua estabilidade (Figura 2). O mínimo TRH atingido foi de 1,6 hora (Vieira et alii, 1987 a).

Tratamento de esgoto bruto à temperatura ambiente

O mesmo reator foi operado durante um ano com esgoto bruto à temperatura ambiente e tempo de detenção hidráulico de 4 horas. As eficiências de remoção obtidas, nos períodos de inverno e verão, foram praticamente as mesmas e os resultados são apresentados na tabela 2. (Vieira and Souza, 1986). (Ver página ao lado)

Figura 2 — Dados do reator UASB de 106 ℓ de capacidade tratando esgotos domésticos.

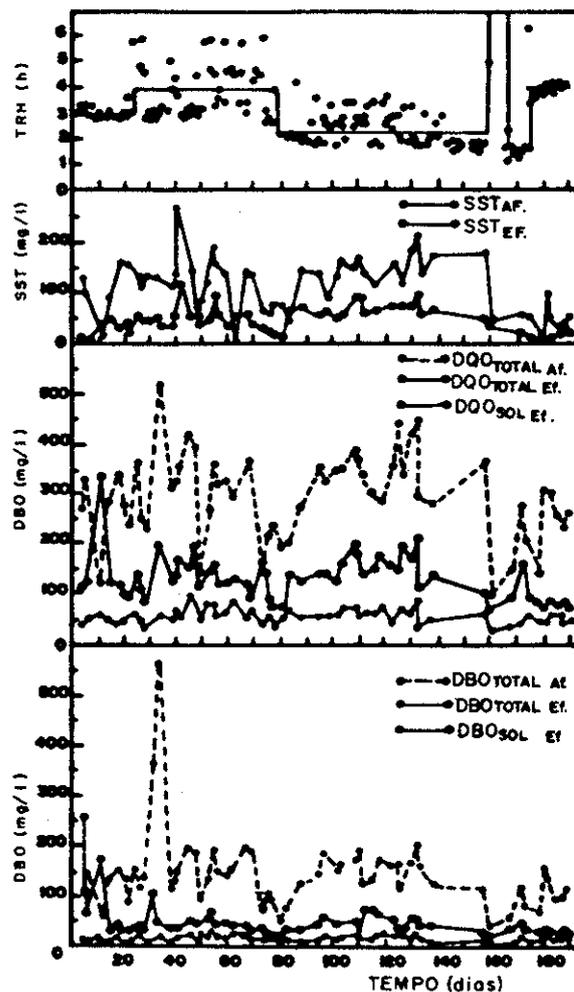


Tabela 1. Tratamento de esgoto decantado em reator UASB de 106 ℓ de capacidade

Tempo de detenção hidráulica	4 hs
Temperatura	35°C
Eficiência do tratamento	72% remoção DBO 65% remoção DQO 61% remoção SS 70% remoção coliformes fecais
Características do efluente	38 mg DBO/ℓ 119 mg DQO/ℓ 34 mg SS/ℓ 2,8x10 ⁶ NMP/100ml coliformes fecais
Produção de gás	118 Nℓ/kg DQO ad.
Composição do gás	75% CH ₄ ; 20% N ₂ ; 5% CO ₂

Tabela 2. Tratamento de esgoto bruto em reator UASB de 106 ℓ de capacidade à temperatura ambiente

Tempo de detenção hidráulico	4 h
Temperatura do reator	média no verão 22° média no inverno 20°
Eficiência do tratamento	69% remoção DBO 62% remoção DQO 69% remoção SS 66% remoção de coliforme totais 50% remoção de coliforme fecais
Características do efluente	57 mg DBO/ℓ 155 mg DQO/ℓ 59 mg SS/ℓ 4,7x10 ⁷ NMP/100 ml coliformes totais 1.1x10 ⁷ NMP/100 ml coliformes fecais
Produção de gás	110 Nℓ/kgDQO ad
Composição do gás	72% CH ₄ , 22% N ₂ ; 6% CO ₂

Observação do lodo produzido

O reator UASB, de 106 ℓ, foi operado durante 3 anos, tendo sido inoculado apenas no início da operação com lodo em digestão. Após 4 a 5 meses de operação, o lodo apresentou granulação coincidindo com a entrada do processo em estado estacionário. Os grânulos apresentavam diâmetro médio de 4 mm.

Durante um ano de funcionamento do digestor, não houve necessidade de retirada de lodo, exceto o necessário para determinações analíticas. Após esse período, iniciou-se a retirada de lodo por um ponto localizado a meia altura entre a base do digestor e a base do decantador.

Reator UASB em escala de demonstração

Para que se pudesse difundir a utilização da tecnologia comprovada em escala de laboratório, restava a demonstração da sua viabilidade técnica e econômica em escala real (Souza et alii, 1987 and Vieira et alii, 1987 b).

Com este propósito, um reator UASB de 120 m³ de volume útil foi projetado para uma vazão nominal de 30m³ h⁻¹ (TRH médio de 4 horas), velocidade superficial no decantador de 0,7 m³m⁻².h⁻¹ e, atendendo uma população equivalente a 3.600 hab., considerando-se uma contribuição de 200 l hab⁻¹.dia⁻¹ (Souza 1986).

O reator foi construído em aço carbono, revestido com tinta epóxi, com seção circular, formato cilíndrico na parte inferior e tronco-cônico no decantador. A altura útil é de 4,8 m, sendo 1,6 m correspondente à altura do decantador. O diâmetro da base é de 5,2 m e do topo 7,9 m.

O reator está instalado na Cetesb e recebe os esgotos coletados pela estação de tratamento da região. A figura 1b mostra o esquema do reator.

O sistema de tratamento completo compreende o digestor, estação de bombeamento, caixa de areia e gradeamento.

Após sua instalação, o sistema foi submetido a testes e ajustes, tendo sido iniciada sua operação definitiva em dezembro de 1986.

Operação do Sistema

As temperaturas do ambiente e do reator são registradas automaticamente; os pHs do esgoto, do lodo e do efluente, assim como a vazão, são medidos de hora em hora.

A produção de gases é medida continuamente e sua composição determinada diariamente.

As análises efetuadas no esgoto e no efluente do sistema, (amostras compostas de 24h) são as seguintes:

— pH, DQO, DBO, sólidos em suspensão, ácidos voláteis, alcalinidade, turbidez, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitratos, fosfatos, sulfatos, sulfeto, óleos e graxas, detergentes, cor, coliformes totais e fecais, ovos e larvas de helmintos, cistos de protozoários, colifagos, Salmonella sp, Clostridium perfringens estreptococos fecais e metais pesados (Zn, Ni, Cr, Cu, Pb, Cd, Fe, Hg, Mn).

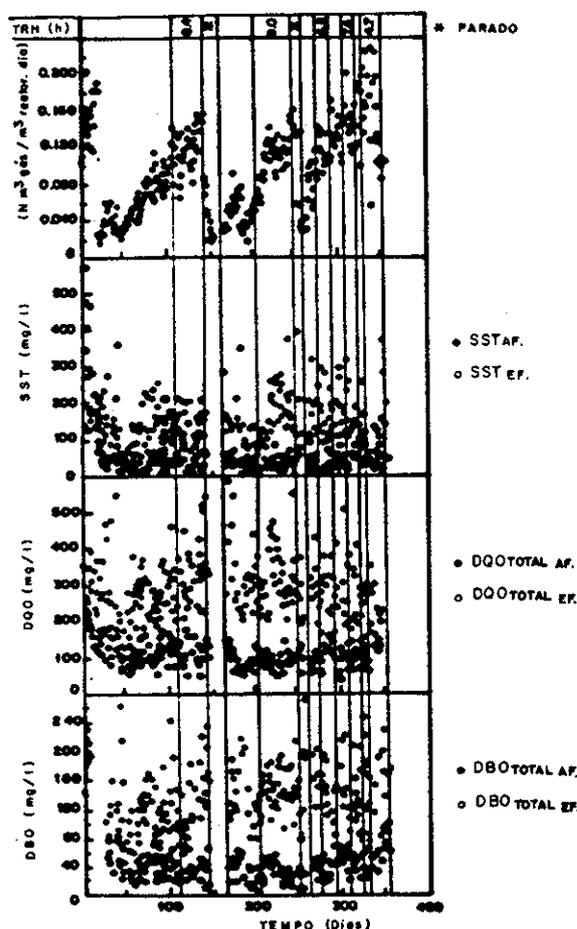
Todas as determinações são efetuadas de acordo com "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (1985).

O digestor é operado à temperatura ambiente, sem qualquer sistema de controle ou isolamento térmico. Lodo digerido de esgoto foi usado como inóculo e o sistema é alimentado com esgoto de origem doméstica. A vazão foi incrementada lentamente, tendo-se iniciado com um TRH de 40 horas e atingindo-se após 60 dias, TRH de 10 horas.

Eficiência de Remoção de Carga Orgânica

A evolução de alguns dos principais parâmetros medidos durante a operação do reator UASB de 120 m³ é mostrada na figura 3. (Ver pág. 20)

Figura 3 — Dados do reator UASB de 120m³ tratando esgoto doméstico.



Uma avaliação do comportamento do sistema nos períodos de TRH constantes, correspondente a TRHs de 8,4 h, 6,5 h, 7,4 h e 4,7 h mostraram que se pode obter efluente de boa qualidade em termos de DBO e DQO. A porcentagem de remoção varia muito com a DQO da alimentação. Durante o período de chuvas, a DQO diminuiu bastante sendo, portanto, fundamental observar-se a estabilidade do efluente (figura 3).

A tabela 3 mostra esses resultados. Os períodos em que se observa parada da alimentação foram devidos a problemas com a bomba de recalque.

Observa-se que, embora o rendimento do processo no reator de 120m³ tenha sido ligeiramente inferior, a qualidade do efluente é um pouco superior à obtida em laboratório, sob as mesmas condições de temperatura e TRH de 4 h.

A tabela 4 apresenta características adicionais do afluente e efluente do reator durante todo o período de operação. (Ver pág. 21)

Tabela 3. Resultados de Operação do Reator UASB de 120 m³ tratando Esgoto Doméstico a Temperatura Ambiente.

Período (dias)	110-140	207-256	283-297	311-327	331-354
TRH(h)	8,4	9,0	6,5	7,4	4,7
DQO afl(mg/l)	298	316	273	278	265
DQO efl(mg/l)	118	96	113	115	132
% Rem DQO	60	70	59	59	50
DBO afl(mg/l)	128	151	138	148	150
DBO efl(mg/l)	37	31	48	52	59
% Rem. DBO	71	80	65	65	61
SS afl (mg/l)	128	170	160	139	123
SS efl (mg/l)	53	35	39	61	33
% Rem. SS	59	79	76	56	73
Prod. gás (Nm ³ /d)	13,9	13,6	14,7	18,5	19,6
(Nm ³ /kgDQO afl)	0,136	0,135	0,121	0,172	0,121
DESCARTE					
DE LODO (kg SS/dia)	10,8	14,3	29,7	24,4	16,7

Produção e Composição dos Gases

Os resultados obtidos (Figura 3) possibilitam a avaliação da quantidade de biogás gerada no tratamento direto de esgotos. Considerando uma geração de cerca de 100 gDQO.hab.⁻¹dia⁻¹, o fator de conversão de 150 Nl gás.Kg⁻¹DQO ad. corresponde a uma produção de 15 Nl gás.hab.⁻¹dia⁻¹, o que representa uma considerável quantidade de energia a ser aproveitada.

A composição média do biogás foi: 70% CH₄, 8% CO₂ e 22% N₂.

Características e produção de lodo

O lodo formado no reator UASB de 120m³ apresentou características bastante diferentes das obtidas nos reatores de laboratório, mostrando um aspecto floculento e não granulado. Mesmo assim, sua atividade e sedimentação foram semelhantes às observadas em escala de laboratório. O Índice Volumétrico de Lodo (IVL) dos diversos pontos amostrados, manteve-se sempre inferior a 30 ml/g, indicando excelentes características de sedimentação.

O descarte de lodo foi efetuado a partir do início de operação. A quantidade total de sólidos dentro do reator esteve entre 1.000 e 1.400 KgSS. A produção de lodo é de cerca de 45 a 60 KgSS desc/1.000m³ de esgoto tratado, ou seja, de 0,15 a 0,20 KgSS desc/KgDQO aplic. A figura 4 mostra as concentrações de sólidos em suspensão às diversas alturas do reator, ao longo de todo o período de operação.

Avaliação do Comportamento do Sistema

Embora o sistema possa acomodar incrementos de Vazão, o TRH foi mantido em 7 horas, por necessidade de se operar a vazão constante para realização dos ensaios de pós-tratamento do efluente. Depois a vazão foi aumentada até

Tabela 4. Características Médias da Alimentação e Efluente do Digestor de 120 m³ durante o período total.

DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS			MICROORGANISMOS PATOGENICOS		
Parâmetro (mg/l)	Alimentação	Efluente	Parâmetro	Alimentação	Efluente
NKT	25	26	Coliformes Totais*	1,1.10 ⁸	1,2. 10 ⁷
NH ₄ - N	15	20	Coliformes Fecais*	1,6.10 ⁷	4,1.10 ⁶
P _{total}	3,4	3,3	Estreptococcus Fecais*	3,3.10 ⁶	6,9.10 ⁵
SO ₄	18	12	Clostridium perfringens*	9,8.10 ⁴	3,0.10 ⁴
Óleos e Graxas	33	23	Salmonela sp*	Presentes	Presentes
Surfactantes	3,0	2,7	Colifagos**	2,7.10 ⁵	1,1.10 ⁵
Cor Verdadeira	80	50	Ovos e Larvas de Helminthos	Presentes	Raros
Zn	0,19	0,15	Cistos de Protozoários	Presentes	Ausentes
Fe	1,9	1,2			
Hg (mg/l)	0,7	0,2			

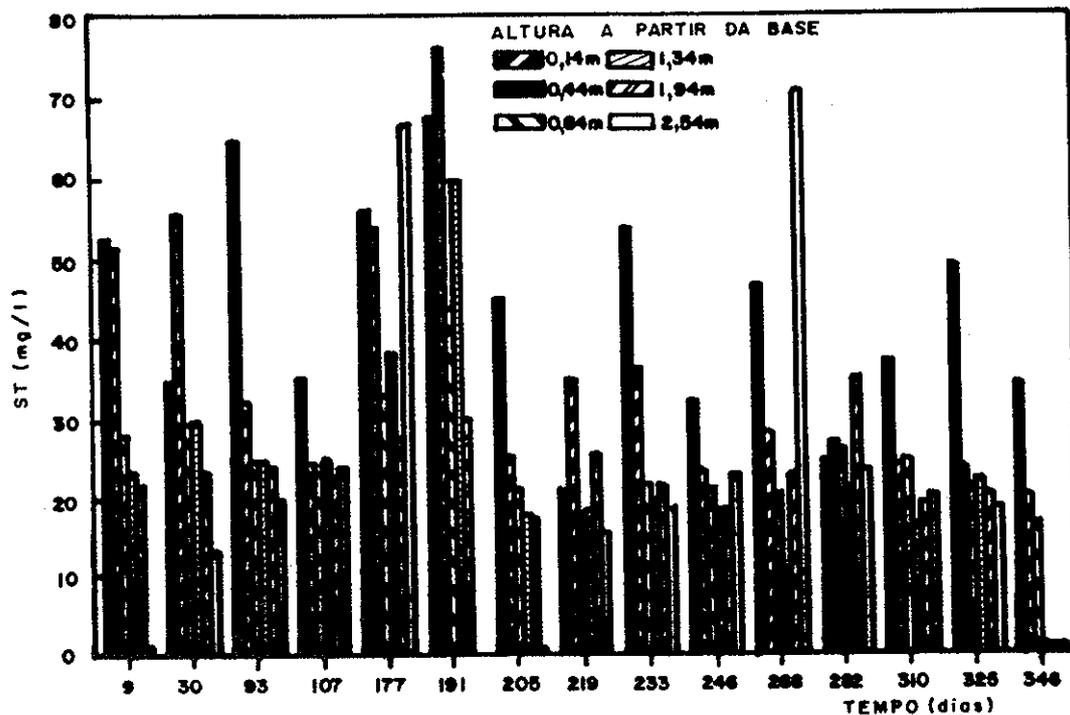
* NMP/100 ml
** UFP/100 ml

atingir-se 5h TRH. O sistema operou durante 25 dias nesta condição quando foi necessário interromper seu funcionamento devido a problemas causados pelo acúmulo de espuma e material flotante no topo do compartimento de saída de gases. Formou-se uma camada de material semi-sólido que impedia a saída de gases pela sua saída normal acumulando gás no interior do reator, prejudicando o movimento normal dos sólidos e a qualidade do efluente. A operação do

digestor foi interrompida para remoção da espuma e manutenção (pintura).

O desempenho do sistema foi avaliado. A remoção de carga orgânica é cerca de 15% inferior aos processos convencionais. Apenas o início do processo necessita cuidados especiais para as primeiras unidades a serem instaladas. Após a partida, o processo não necessita maiores cuidados, a não ser os dispendidos com manutenção e limpeza inerentes às

Figura 4 — Características do lodo nos respectivos pontos de amostragem do reator UASB de 120m³, ao longo do tempo.



estações de tratamento de esgotos e a retirada de lodo. O sistema, além de não necessitar equipamentos eletromecânicos como bombas e aeradores, produz energia na forma de gás combustível, o metano. Adicionalmente, o sistema é constituído de uma única unidade, favorecendo a modulação. Este é mais um fator de economia para as instalações de coleta de esgotos, já que reduz a necessidade de coletores, interceptores e emissários com a adoção de soluções setorizadas.

Da mesma forma que a maioria dos processos convencionais de tratamento secundário, o processo não remove nitrogênio e fósforo e os níveis de remoção de organismos patogênicos são insuficientes. O efluente ainda contém grandes quantidades de bactérias e vírus e concentrações variáveis de cistos de protozoários e ovos e larvas de helmintos.

Frente às necessidades urgentes de desinfecção do efluente para possibilitar seu lançamento em corpos d'água sem prejuízo à saúde pública, e ainda devido aos altos custos inerentes aos processos de tratamento terciário para remoção de nutrientes foi dada prioridade aos estudos de pós-tratamento para desinfecção do efluente.

Pós-tratamento

A desinfecção do efluente de reatores UASB foi testada utilizando-se, inicialmente, sistemas de cloração e ozonização. Sistema de filtração lenta e radiação ultravioleta serão realizados posteriormente.

O sistema de cloração estudado consistiu de três tanques de contato, com capacidade útil total de 240 litros, operando com 20, 40 e 60 minutos de tempo de contato (Gasi et al., 1988).

Nesses três tempos de contato, com adição de 15mg Cl_2/l , observou-se redução de coliformes totais, fecais e estreptococos fecais de cerca de 10^5 a $10^6/100ml$ para virtual ausência ($<100ml$). Houve remoção total de Salmonella, boa remoção de colifagos e, praticamente, nenhuma

remoção de Clostridium. Não se observou remoção de matéria orgânica. A formação de trihalometanos foi negligenciável.

O sistema de ozonização utilizado foi cedido pela Filsan Equipamentos e Sistemas S/A para realização dos estudos em conjunto com a Cetesb.

A unidade consistiu de um gerador de ozônio que alimentava duas colunas operando em série com o efluente do digestor. Cada coluna tinha 4,6m de altura útil, sendo o volume útil de 208 l por coluna.

O tempo de contato foi de 70 minutos com aplicação média de 16 mgO_3/l . Foram observadas boas remoções de coliformes fecais, estreptococos fecais e colifagos. Ocorreu remoção total de Salmonella e nenhuma remoção de clostridium e coliformes totais. Houve remoção significativa de matéria orgânica (acima de 50%).

Aplicação de Reatores UASB para Tratamento de Esgoto Doméstico no Brasil

Esforços começam a ser despendidos no sentido de se instalar reatores UASB para tratamento de esgotos domésticos no Brasil, como mostra a tabela 5. No entanto, todos os reatores descritos aguardam financiamento para sua construção, alguns desde 1985.

No Estado do Paraná vem-se utilizando processos anaeróbios para o tratamento de esgotos domésticos, também misturados a outros resíduos, visando a recuperação do biogás. Vários reatores estão instalados (Gomes, 1985).

Custos

Avaliações efetuadas dos custos de instalação e operação de reatores UASB para o tratamento de esgotos sanitários e sua comparação com o sistema de lodos ativados, fornecem as seguintes cifras:

Tabela 5 — Reatores UASB em Escala Real a serem Construídos no Brasil para Tratamento de Esgotos Domésticos.

Local	População atendida (hab)	Volume	Estágio	Realizadores
Manaus — AM	200.000	7.200 (6x1.200)	Pré-Projeto	Cetesb Pleuston Eng.
Ribeirão Pires — SP	40.000	1.600 (4x400)	Projetado	Sabesp
Barcarena — PA	20.000	1.280 (4x320)	Pré-Projeto	Cetesb/Codebar
Itapeverica da Serra	4.076	260	Projetado	Sabesp
Diadema — SP	25.000	1.560 (3x520)	Projetado	Sabesp
Piracicaba — SP	15.000	—	Contratado	Cetesb/Fund. Ensino Piracicaba
Hospitais Públicos São Paulo — SP	*	*	Contratado	Cetesb/Secr. Saúde

*Módulos para 220 leitos

— Apenas o reator:	Custo de Instalação: US\$ 300/m ³ reator ou US\$ 10/hab (para contribuições de 200/hab dia)
— Estação de tratamento completa incluindo caixa de areia, digester e leito de secagem	Custo de Instalação: US\$ 30/hab Custo de Operação: US\$ 0,4/hab. ano
— Sistema de lodos ativados. Estação de tratamento completa	Custo de Instalação: US\$ 50/hab Custo da Operação: US\$ 0,8 a 1,0/hab. ano

Observa-se que a alternativa da utilização do reator UASB, mesmo com a desvantagem da menor eficiência com relação ao sistema de lodos ativados, se mostra uma alternativa bastante atraente para aplicação em saneamento. A diferença entre os custos para um sistema de lodos ativados e reatores UASB pode permitir a implantação de sistemas de pós-tratamento de custo baixo que permitam, simultaneamente, a desinfecção e melhoria da qualidade do efluente tratado.

Conclusões

Os resultados obtidos em escala de demonstração com o reator UASB de 120m³ tratando esgoto doméstico, confirmaram os resultados obtidos em laboratório. Ficou evidenciada a aplicabilidade do processo para tratamento de esgotos a nível secundário, à temperatura ambiente e com TRH reduzido (4 a 6 h). A unidade de demonstração forneceu efluente de qualidade estável ao longo do período de operação, mantendo a concentração de DBO₅ abaixo de 60 mg/l e a de SS₅ abaixo de 50 mg/l. O efluente tratado, entretanto, necessita de um sistema posterior para sua desinfecção. A aplicação de 5 mg Cl₂/l, com tempo de contacto de 20 minutos é suficiente para permitir o lançamento do efluente tratado a corpos receptores.

A ozonização, com dosagem de 16 mg O₃/l e tempo de contacto de 70 minutos, além da desinfecção do efluente, promove uma redução adicional na concentração de matéria orgânica, com valores de DBO da ordem de 20 mg/l, DQO de cerca de 60 mg/l e SS de 15 mg/l.

Estes valores são comparáveis aos que podem ser obtidos pelo processo de lodos ativados, restando, ainda, avaliar de maneira mais precisa os custos de instalação e operação. Outros sistemas de pós-tratamento devem também ser avaliados.

Os resultados apresentados indicam claramente a adequação desta tecnologia para as necessidades de saneamento da população brasileira.

Embora diversos reatores estejam sendo planejados, falta ainda um maior empenho das autoridades competentes e maior integração entre as instituições brasileiras envolvidas na solução do problema de saneamento no País.

Agradecimentos

Os estudos aqui apresentados foram executados pelo Grupo de Digestão Anaeróbia da CETESB, cabendo aqui mencionar o Eng^o Marcos Eduardo de Souza que participou, desde o início, de forma decisiva para o desenvolvimento da pesquisa. Agradecimentos especiais faço aos

colegas: Eng^o Alcides Diniz Garcia Jr.; Quím. Carlos Eduardo Pacheco; Eng^a Tânia M.T. Gasi; Eng^a Jussara de Lima Carvalho; Eng^o Raimundo Alves de Lima Filho; Biol. Rosana F. Vazoller Novaes; Eng^a Eloísa Brasil de M. Mathias; Analista Wanderley Borba; Anal. Carlos Henrique Catabi; Anal. Roberto Cavalheiro Martins; Quím. Ivan C. Horcel; e Biol. Petra S. Sanches.

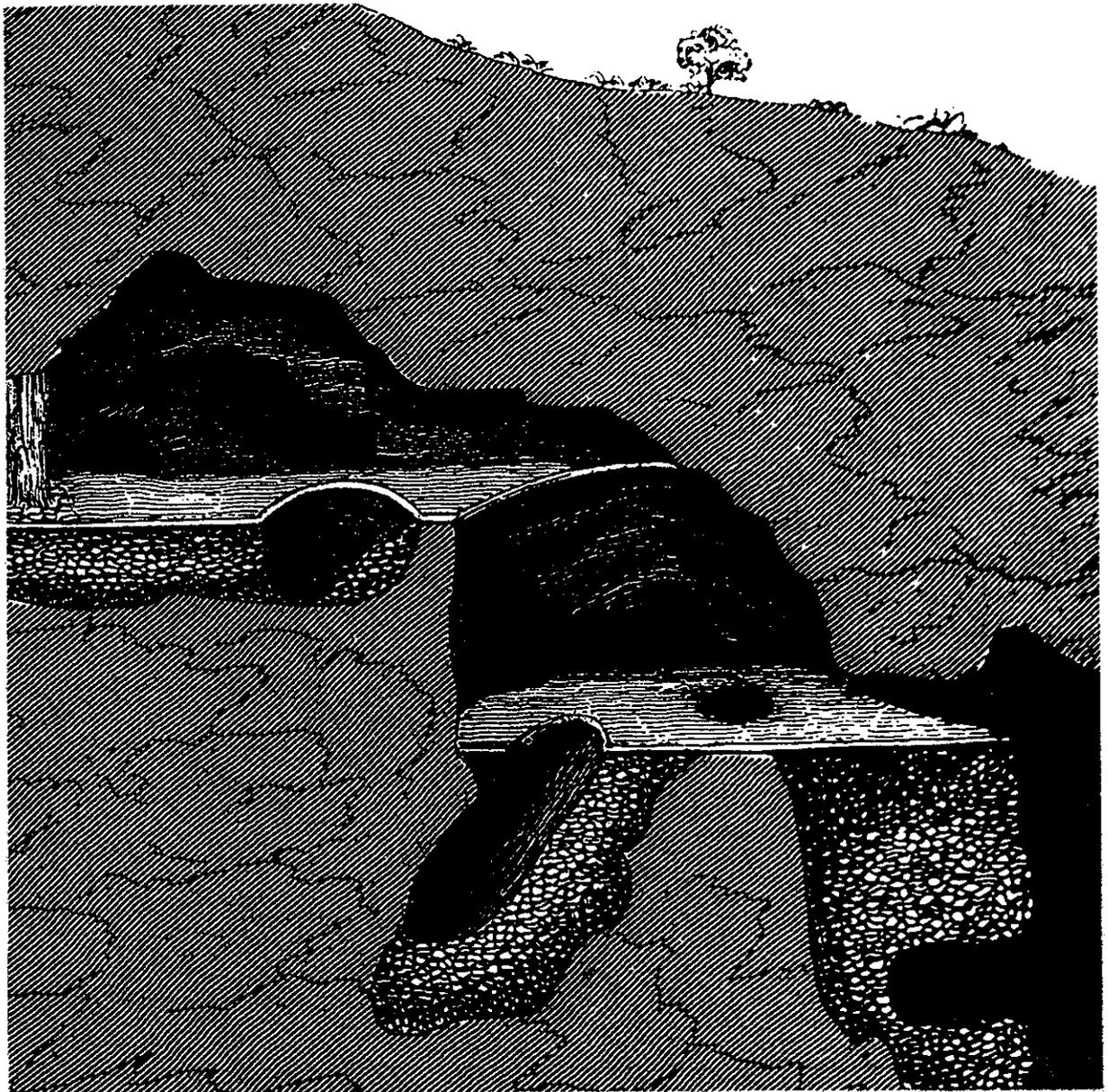
Agradecemos a Superintendência e a Diretoria, nas pessoas dos Eng^{os} Roberto Eduardo Bruno Centurión e José Roberto Costa e a datilografia e desenho de Toshiko U. Tadaka, Delci R. da Silva e Marisa Cury.

Nossos agradecimentos à Eng^a Marisa de Oliveira Guimarães, e ao Econ. Roberto Guerra Cavalcanti, da SABESP, e Eng^o Celso Savelli, da SANEPAR, pelas informações tão gentilmente cedidas.

Referências

- Gasi, T.M.T.; Vieira, S.M.M.; Pacheco, C.E.M. (1987). Resultados preliminares de cloração de efluente de digester anaeróbio de fluxo ascendente tratando esgotos domésticos. In: *14^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Sept. 1987, São Paulo, Brazil.
- Gomes, C.S. (1985). Research at SANEPAR and State of Paraná, Brazil, with Anaerobic Treatment of Domestic Sewage in Full Scale and Pilot Plants. Proceedings Seminar/Workshop: Anaerobic Treatment of Sewage, June, 1985, Univ. of Massachusetts, Amherst, USA, 30 p.
- Lettinga, G.; Van Velsen, A.F.M.; Hobma, S.W.; Zeew, W. (1980). Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment, Especially for Anaerobic Treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, 22 (4): 699-734.
- Lettinga, G.; Roersma, R.; Grin, P. (1983). Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambient Temperature Using a Granular Bed UASB Reactor. *Biotechnolog and Bioengineering*, 25: 1701-23.
- Novaes, R.F.V. (1986). Microbiology of anaerobic digestion. *Wat. Sci. Tech.*, 18 (12): 1-14.
- Nucci, N.L.R.; Giacaglia, G.E.O.; Nobre, P.A.; Souza, M.E.; Vieira, S.M.M.; Craveiro, A.M.; Gomes, I.C. (1985). Anaerobic treatment — research, development and perspectives in the State of São Paulo, Brazil. *Proceedings Seminar/Workshop: Anaerobic Treatment of Sewage*, June, 1985, Univ. of Massachusetts, Amherst, USA, 43 p.
- Souza, M.E. (1986). Criterio for the utilization, design and operation of UASB reactors. *Wat. Sci. Tech.*, 18 (12): 55-69.

- Souza, M.E.; Vieira, S.M.M.; Catabi, C.H.; Borba, W. (1987). Demonstração em escala real da tecnologia de tratamento de esgotos domésticos por digestor anaeróbio de fluxo ascendente. Primeiros Resultados. In: *14º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Sept. 1987, São Paulo, Brasil.
- Souza, M.E.; Vieira, S.M.M. (1986). Uso do reator UASB para tratamento de esgoto sanitário. *Revista DAE*, 46 (145): 165-8.
- Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (1985). 16 th Ed. Amer. Public Health Assoc., Amer. Water Works Assoc., Water Poll. Control Fed.; Washington, D.C.
- Vieira, S.M.M.; Alem S.P. (1983). Resultados de operação e recomendações para o projeto de sistemas de decanto-digestor e filtro anaeróbio para o tratamento de esgotos sanitários. *Revista DAE*, (135): 51-7.
- Vieira, S.M.M. (1984) Tratamento de esgotos por digestores anaeróbios de fluxo ascendente. *Revista DAE*, 44 (139): 322-28.
- Vieira, S.M.M.; Souza, M.E. (1986). Development of technology for the use of the UASB reactor in domestic sewage treatment *Wat. Sci. Tech.*, 18 (12): 109-21.
- Vieira, S.M.M.; Pacheco, C.E.M.; Souza, M.E. (1987a). Efeito da Variação de vazão em digestor anaeróbio de fluxo ascendente tratando esgoto doméstico. In: *14º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Sept. 1987, São Paulo, Brazil.
- Vieira, S.M.M.; Souza, M.E.; Carvalho, J.L.; Garcia Jr., A.D.; Pacheco, C.E.M.; Catabi, C.H.; Borba, W. (1987b). Tratamento de esgotos por digestão anaeróbia *Ambiente*, 1 (3): 132-7.



A cobrança sobre o uso dos recursos hídricos

Marcelo Pereira de Souza¹
Júlio Manuel Pires¹

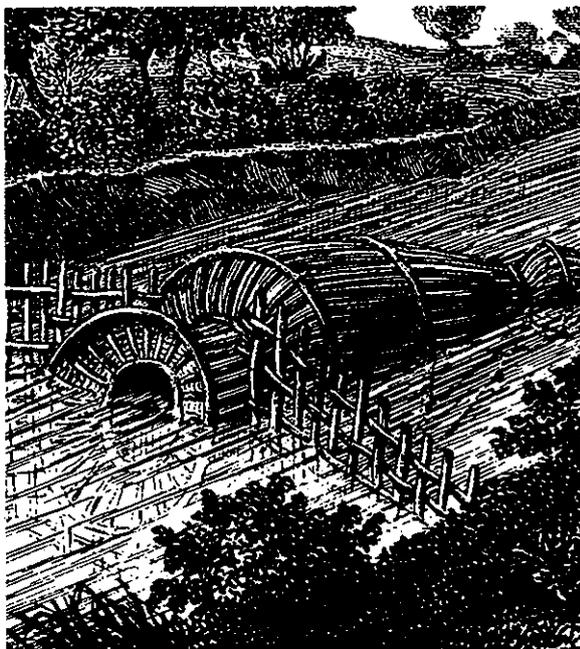
RESUMO O presente trabalho aborda, sob a ótica da Teoria Marginalista ou Neoclássica, a aplicação da cobrança sobre os usos dos recursos hídricos nas diferentes estruturas de mercado: concorrência perfeita, monopólio, concorrência monopolística e oligopólio.

Pelas características do assunto, o trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira, foram contempladas questões básicas para o entendimento global do problema enfocado. Na segunda parte foram abordadas as diferentes estruturas de mercado e algumas situações peculiares, tendo como objetivo obter a informação de qual segmento social e econômico irá arcar com o ônus da cobrança pelos usos dos recursos hídricos.

ABSTRACT This paper is about payment to water resources uses in the different economic marketing structures: monopoly, oligopoly, monopolistic competition, perfect competition.

Due to its characteristics, this paper was divided in: (1) basic questions about the problem; (2) different economic marketing structures and peculiar situations to get the information of who will pay value water resources uses.

O modo e a intensidade com que a sociedade humana se apropria dos recursos hídricos, nem sempre contemplam as leis naturais de preservação, de disponibilidade e de capacidade de assimilação desses recursos. Esse cenário é realçado na medida em que o enfoque sanitaria e corretivo prevalece sobre o ambiental e o preventivo desde a época da implantação do controle de poluição das águas no Brasil, segundo Salvador (1990).



Mesmo com a introdução do sistema de licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, a ênfase dada ao tratamento individual das fontes poluidoras fez com que o padrão de emissão e, assim, o enfoque corretivo prevalecessem.

Com o aumento dos conflitos e problemas deles oriundos, passou-se a utilizar outros mecanismos tendo como fim o controle da poluição dos recursos hídricos. Com o disciplinamento dos usos e ocupação do solo para proteção de mananciais de abastecimento público e a introdução do conceito de impacto ambiental, trazendo a reboque a necessidade de abordagens interdisciplinares, o problema da poluição ganhou uma nova dinâmica.

Mas nem o surgimento da concepção ambiental para abordar problemas de recursos hídricos — onde redescobriu-se que a água é integrante de um ciclo (com interface entre o solo, o ar e os demais fatores ambientais) — fez com que se amenizassem os conflitos oriundos dos usos concomitantes dos recursos hídricos.

Desta forma, o quadro da “Qualidade dos recursos hídricos”, apesar dos esforços no sentido de controlar individualmente as fontes de poluição, é de progressiva degradação, resultante das diferentes atividades humanas. Isto porque a carga remanescente de cada uma das atividades pode superar o poder de assimilação do corpo de água, obedecidos seus limites de classe — o padrão de qua-

1. Professores-Assistentes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

lidade — sem que, individualmente, sejam desrespeitados os padrões de emissão. Assim, podem trazer prejuízos evidentes ao meio ambiente, às condições de vida da população circundante e às atividades econômicas desenvolvidas na região.

Nesses casos, fica caracterizada a necessidade de se dispor de outros instrumentos de gestão dos recursos hídricos. Afinal, a aplicação da “Melhor Tecnologia Disponível” tem limites. Bem como a proibição de instalação de novas atividades poluidoras ou apropriadoras dos recursos hídricos cria uma situação de “direito adquirido de poluir” por aqueles que já estavam se utilizando do corpo de água; desrespeita o princípio da isonomia (mesmos direitos e obrigações para todos os cidadãos) e, ainda, o preceito constitucional de que a água é um bem comum. Bem comum é aquele que não pode ser oferecido a um sem ser oferecido a outro.

Tais situações constituem exemplos típicos do que os economistas denominam externalidade negativa. Ou seja, as atividades de uma empresa afetam desfavoravelmente outras pessoas ou firmas, sem que a fonte causadora seja responsabilizada por tanto. O que ocorre nestes casos é que o sistema de mercado mostra-se deficiente para fazer coincidir os custos privados e os custos sociais. Estes últimos, representados pela totalidade dos custos privados mais os custos derivados da poluição, obviamente são superiores às despesas efetuadas pelas empresas. Para que o bem-estar da coletividade seja preservado, torna-se necessário, então, que as empresas sejam responsabilizadas pelos prejuízos causados ao meio ambiente sob a forma de um imposto, taxa ou um valor cobrado sobre a sua atividade, o que permitirá aproximação dos custos privados e sociais. Espera-se, além disso, que as receitas obtidas sirvam, no mínimo, para amenizar as condições desfavoráveis criadas pelo agente poluidor.

A formulação clássica do problema econômico fundamental costuma ser atribuída a Lionel Robbins (1969). A ciência econômica afirma-se como campo de conhecimento autônomo, voltado para o estudo das condições materiais de sobrevivência do ser humano, a partir da constatação da desproporcionalidade entre as necessidades e desejos de consumo do Homem e a quantidade de recursos produtivos (capital, terra e trabalho) disponíveis. A escassez destes recursos coloca à sociedade o problema de alocá-los e utilizá-los da forma mais eficiente possível.

Desta maneira, na medida em que uma determinada região se desenvolve (experimenta uma ocupação das atividades do Homem) e se torna mais intenso o uso dos recursos hídricos, maior o potencial de conflitos entre esses usos e maiores os riscos de degradação da qualidade dos corpos de água. No momento em que o binômio disponibilidade - utilização transforma-a em um bem escasso, a água passa a ser objeto da Economia, tornando-se um bem com valor econômico.

Neste sentido, quando da elaboração de planos de desenvolvimento, a disponibilidade dos recursos hídricos (os recursos ambientais de forma geral) deve ser considerada como item a ser contemplado, passível de decisões econômicas, políticas, sociais e técnicas. Somente com a gestão destes recursos os usuários (a sociedade) terão a possibilidade de dispor de água na quantidade requerida para o desenvolvimento das atividades previstas.

Uma questão imediatamente decorrente desta formulação é a seguinte: em que medida uma possível cobrança

sobre a utilização de recursos hídricos, visando corrigir a distorção entre os custos privados e os custos sociais e fornecer recursos para a recuperação das áreas atingidas pela poluição, afetará a rentabilidade das empresas e/ou será transferida aos consumidores sob a forma de aumentos de preços? Para responder a contento tal indagação é necessário fazer uma breve incursão no campo da teoria de custos e preços.

Deve ser observado que dentre as inter-relações na questão ambiental e, mais especificamente, no assunto “Cobrança sobre os usos dos recursos hídricos”, a análise do possível comportamento do mercado frente a um novo “encargo” é fundamental para que o instrumento preconizado (cobrança) seja perfeitamente conhecido e para que seja analisada com a maior exatidão possível a real dimensão do que significa cobrar sobre os usos dos recursos hídricos em termos de comportamento de mercado.

Por fim, quanto ao rigor com o termo jurídico taxa ou tarifa, julga-se oportuno deixar essa discussão para um fórum mais apropriado. No presente trabalho, cobrança, taxa e tarifação são termos utilizados para mencionar a atribuição de valor econômico e financeiro sobre o uso da água.

Procedimento

Este estudo consiste em descrever, de forma sintética, os principais pontos da teoria de preços marginalista (ou neoclássica) aplicada na cobrança sobre os usos dos recursos hídricos. Para tanto, primeiramente, será feita uma exposição sumária a respeito da teoria da firma, com ênfase na teoria de custos, para observar como a firma estabelece seu nível de produção de equilíbrio. O conceito de elasticidade, fundamental na teoria dos preços, será analisado logo em seguida. A partir da posse deste instrumental básico, pode-se então determinar como deverá incidir a cobrança sobre a lucratividade das empresas e o equilíbrio de mercado, de acordo com suas várias estruturas típicas.

Assim, mesmo não pretendendo esgotar o assunto, este trabalho intenciona discutir o comportamento do mercado — em diferentes estruturas — e saber, afinal, “quem pagará essa conta: o produtor ou o consumidor?”

Uma observação importante a ser feita neste momento é que a teoria de preços aqui exposta não é a única existente, havendo outras concorrentes que poderão ser alvo de análise em outra ocasião. É o caso da fixação de preço através de “mark-up”.

Considerações gerais

Custos de desembolso e de oportunidade

Os custos de desembolso representam o valor monetário (dinheiro) gasto a fim de levar adiante uma determinada atividade. São as despesas objetivas e tangíveis que um contador registra nos livros da empresa e são chamadas de custos explícitos ou custos contábeis.

Segundo Spencer (1979), os economistas utilizam o conceito de custo de oportunidade, “um conceito básico de custos, que é definido como o valor do ganho do qual se abre mão ao se escolher uma alternativa em vez de outra. Este é um conceito extremamente importante, porque o custo — real — de qualquer atividade é medido por seu

custo de oportunidade e não pelo seu custo de desembolso.”

O conceito de custo de oportunidade surge quando os recursos são escassos e são apresentadas alternativas para a utilização de tais recursos. O custo real é então medido pelo valor da alternativa adotada e o custo de oportunidade pelo valor da alternativa abandonada. Cabe observar que este princípio se aplica a todos os níveis da atividade econômica — quer macro, quer micro.

Um exemplo ilustra os custos de oportunidade, também chamados de custos alternativos. “Para uma cidade, o custo de um parque público inclui não apenas seus custos de desembolso para construção e a manutenção, mas também seus custos de oportunidade, isto é, a renda fiscal que ela perde ao não zonedear a área para usos residencial, comercial ou industrial” (Spencer, 1979).

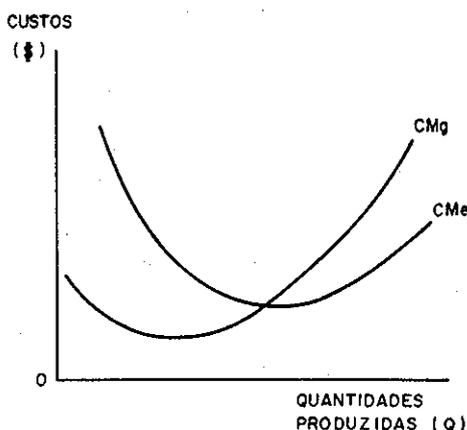
A maximização de lucro e a curva de oferta da empresa

A teoria econômica tradicional toma a maximização da taxa de retorno sobre o capital investido como sendo o objetivo básico da empresa. Admite-se que, conquanto em algumas situações no curto prazo outras considerações possam se sobrepor a este objetivo, como por exemplo aumento da parcela da firma no mercado, melhoria da imagem institucional da empresa etc., o objetivo da maximização do lucro é que dita as regras no médio e longo prazos e, mesmo na maior parte dos casos, no curto prazo.

Se é assim, deve-se perguntar como a empresa deve agir para alcançar o lucro máximo. Para obter tal resposta é preciso observar como se comportam as curvas de custo das empresas, conforme a variação da quantidade produzida.

Duas curvas de custos são fundamentais nesta análise: a curva de custo médio e a de custo marginal. O custo médio é simplesmente o quociente entre o custo total e a quantidade produzida. O custo marginal, por sua vez, mede a variação no custo total dada pelo acréscimo (ou decréscimo) de uma unidade produzida. O comportamento típico destas duas curvas de custo está representado no gráfico 1.

Gráfico 1: Comportamento típico das curvas de custo médio e marginal



Tanto o custo médio quanto o custo marginal decrescem até certo nível de produção, passando a apresentar valores crescentes a partir de então. E tal fato ocorre primeiro com o custo marginal. A razão disto atribui-se à lei dos rendimentos decrescentes, a qual afeta a produtividade das empresas a partir de certo nível de produção. Ocorre que, durante algum tempo, as empresas conseguem obter retornos crescentes, devido aos ganhos de produtividade que advêm de uma melhor ocupação do estoque de capital. Todavia, além de certo ponto, passam a ocorrer retornos decrescentes pela perda de eficiência que as empresas sofrem, seja pela excessiva ocupação do capital fixo no curto prazo, seja pela menor eficiência administrativa (burocratismo, menor controle da rotina diária etc.) no longo prazo. Isto faz com que o custo marginal se torne crescente. Enquanto o custo marginal, apesar de estar aumentando, for inferior ao custo médio, este tenderá a diminuir. No entanto, quando o custo marginal ultrapassar o custo médio, este passará a subir, daí a curva de custo marginal interceptar a de custo médio em seu ponto mínimo.

Quanto à questão inicialmente proposta: como a empresa deve agir para maximizar seus lucros? O lucro total (ou prejuízo) da empresa é o resultado da subtração entre a receita total e os custos totais ($LT = RT - CT$)

Define-se receita marginal como sendo a variação na receita total dada pelo acréscimo (ou decréscimo) de uma unidade vendida. Desta forma, sempre que a receita marginal for maior que o custo marginal, quando este estiver aumentando, a empresa estará aumentando seu lucro total ao fazer subir a produção, pois o acréscimo nos custos derivados do aumento de uma unidade produzida é menor que o aumento da receita. Quando, porém, o custo marginal exceder a receita marginal, a empresa poderá aumentar seu lucro fazendo com que a produção se retraia, pois, neste caso, a receita decrescerá menos que a redução dos custos. Portanto, a empresa estará maximizando seu lucro quando a receita marginal igualar-se ao custo marginal. Os gráficos 2a e 2b, ilustram tal assertiva, para o caso da concorrência perfeita. Nesta estrutura de mercado, a receita marginal de uma firma é idêntica ao preço de venda do bem, não valendo tal assertiva para os outros tipos de mercados.

Assim, dependendo do valor que a receita marginal assumir, a empresa sempre estará maximizando seu lucro total em algum ponto sobre a sua curva de custo marginal. Portanto, esta curva representa a curva de oferta da empresa no mercado.

O conceito de elasticidade

Dentro da teoria de preços neoclássica, o conceito de elasticidade adquire enorme importância quando se trata com os modelos utilizando o método estático-comparativo, isto é, comparando situações de equilíbrio em dois momentos diferentes em virtude de alteração em alguma variável.

Fundamentalmente, a elasticidade mede a capacidade de reação de um agente econômico ou conjunto de agentes a uma dada alteração numa variável endógena ou exógena ao modelo.

Assim, pode-se conceituar a elasticidade-renda como sendo a variação proporcional na quantidade demandada de um produto, dada uma variação na renda do indivíduo. Outro exemplo é a elasticidade preço-cruzada que pro-

Gráfico 2a: Custos e receitas

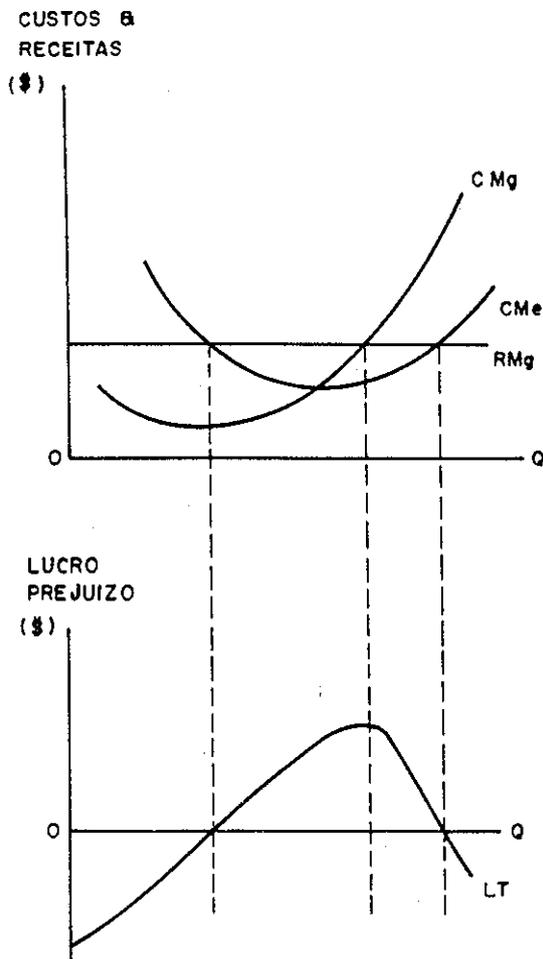


Gráfico 2b: As curvas de custo e a maximização de lucro por empresa

cura detectar o que ocorre com a quantidade demandada de um bem qualquer quando ocorre uma variação proporcional no preço de outro produto.

Todavia, o conceito de elasticidade que interessa no presente trabalho é o de elasticidade-preço, o qual busca medir a sensibilidade dos consumidores ou produtores a variações no preço do próprio bem. Desta forma, a elasticidade-preço da demanda é definida como o quociente entre a variação porcentual na quantidade demandada e variação porcentual no preço do próprio bem.

A partir deste resultado, a demanda pode ser classificada em: elástica, unitária e inelástica, conforme seu valor, em módulo, seja maior que um, igual a um ou menor que um, respectivamente. Os gráficos 3a e 3b ajudam no entendimento do conceito.

Para uma mesma variação no preço (de P_0 para P_1), percebe-se que a quantidade demandada — embora varie sempre em sentido inverso, pois esta é a lei da demanda

Gráfico 3a: Demanda elástica

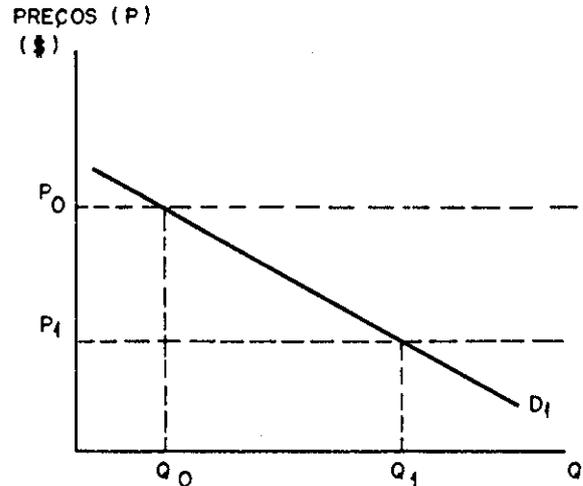
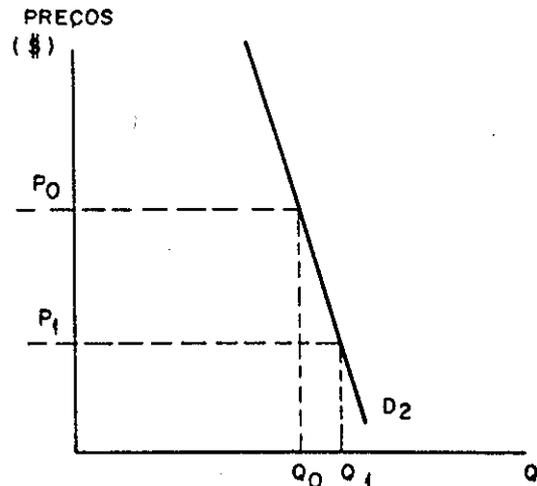


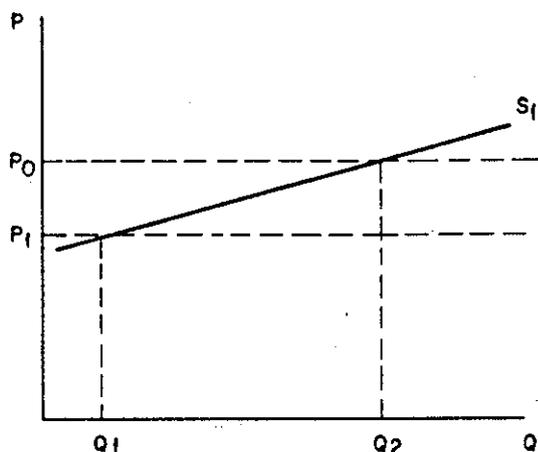
Gráfico 3b: Demanda inelástica



— pode alterar-se em magnitudes bastante distintas. Assim, enquanto no gráfico 3a a quantidade demandada varia bastante, no gráfico 3b, a variação é pequena. Pode-se concluir, a partir disto, que, caso se tenha duas curvas de demanda inseridas num gráfico em mesma escala, aquela que tiver menor inclinação será mais elástica, indicando que o consumidor tem uma sensibilidade e capacidade de reação maior a qualquer alteração no preço do bem. Já uma curva de demanda mais inclinada, mais inelástica, indica uma situação em que o comprador do bem tem poucas possibilidades de reagir a alterações no preço do bem, seja porque ele é essencial em sua cesta de consumo e/ou não tenha substitutos próximos.

Do mesmo modo, conceitua-se elasticidade-preço da oferta como sendo a variação proporcional na quantidade ofertada dividida pela variação proporcional no preço do bem. A classificação obedece ao mesmo padrão acima enunciado para a demanda. Assim, se a oferta é elástica diz-se que a empresa tem grande capacidade de reação a qualquer variação no preço, observando-se pouca possibilidade de alteração da oferta quando esta é classificada co-

Gráfico 4a: Oferta elástica



mo inelástica. Os gráficos 4a e 4b ilustram, respectivamente, casos de oferta elástica e inelástica.

O imposto específico e o imposto “ad-valorem”

Antes de iniciar a análise sobre o mercado concorrencial cabe comentar, sucintamente, alguma coisa a respeito do deslocamento da curva de oferta com a imposição de cobrança. Quando se trata com tributos deve-se especificar qual tipo está sendo considerado. Existem basicamente dois: o imposto específico e o imposto “ad-valorem”.

O imposto específico diz respeito a um valor fixo imputado a cada unidade do bem produzido ou comercializado, independentemente do seu valor de venda. Assim, por exemplo, se o imposto específico do suco de laranja for fixado em Cr\$ 25,00 este será o valor cobrado pelo governo por cada lata vendida, seja seu preço de Cr\$ 500,00 ou Cr\$ 1.000,00. Já o imposto “ad-valorem” incide percentualmente sobre o valor de venda/produção do bem. Assim, se a alíquota do tributo “ad-valorem” for fixada em 5% e o preço da lata de suco de laranja for Cr\$ 500,00, o imposto cobrado será de Cr\$ 25,00. Contudo, se o pre-

Gráfico 5a: Deslocamento da curva de oferta com imposto específico

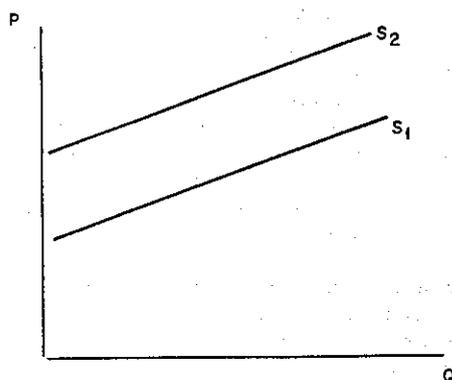
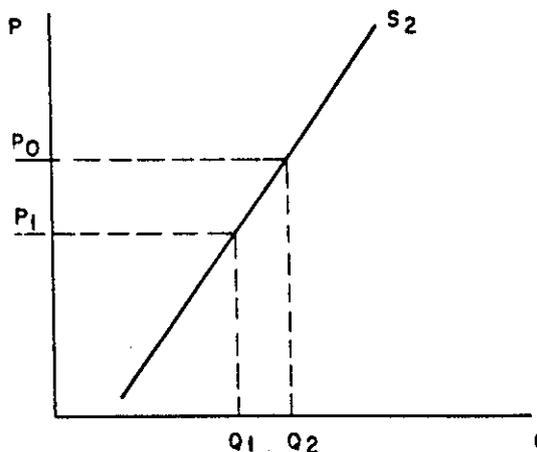


Gráfico 4b: Oferta inelástica



ço de venda for Cr\$ 1.000,00, o valor do imposto subirá para Cr\$ 50,00. O impacto diferenciado dos dois tipos de impostos sobre a curva de custo marginal e, portanto, sobre a curva de oferta da empresa, está mostrado nos gráficos 5a e 5b. Como a essência do raciocínio a ser aqui apresentado não se altera com qualquer um dos dois tipos de impostos e como o mais provável é que a cobrança sobre a utilização de recursos hídricos seja do tipo específico, é este tipo de deslocamento que será utilizado nos exemplos a seguir, mencionados nas análises sobre o mercado concorrencial.

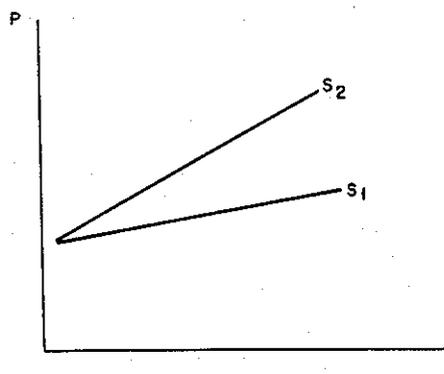
Diretrizes para a política pública no setor dos recursos hídricos

Uma pergunta que surge no início de qualquer discussão sobre o assunto é quanto custa empreender programas de controle de poluição e, afinal, quem paga por eles. Na realidade, não se sabe muito a respeito dos danos causados pela poluição nem mesmo dos reais custos associados às diferentes formas de poluição.

No entanto, não se pode aguardar o total conhecimento das questões ambientais para que se tome posições e que se defina políticas públicas a respeito do assunto.

Na tentativa de formular critérios para um melhor julgamento das alternativas existentes no que se refere aos

Gráfico 5b: Deslocamento da curva de oferta com imposto “Ad-Valorem”



danos ambientais e aos custos a eles associados e de adequar esses critérios às reais condições da sociedade, quatro propostas, basicamente, podem ser consideradas (Spencer, 1979).

Estas propostas são empregadas, separadas ou conjuntamente, em diversas situações e, atualmente, adotadas por diferentes países. Sucintamente, são:

1) "Direitos" de poluição

O direito de poluir até um limite especificado é estabelecido através de um sistema de licenças negociáveis. Essa licença pode ou não ser associada a local e período determinados.

A adoção deste critério pode culminar com a criação de um verdadeiro mercado de livre negociação de licenças, com flutuações de preço conforme o próprio mercado e lei da oferta e da procura.

2) Imposição de regulamentação direta

Este método de controle de poluição atende aos aspectos técnicos mas envolve, de modo direto, os poderes Executivo, Judiciário e Legislativo dos governos. A finalidade é uma legislação que envolva licenças, permissões, zoneamentos, registros, manutenção de padrões estabelecidos e, inclusive, aplicação de sanções aos infratores.

Essas leis, normas e regulamentações têm o objetivo de promover a saúde e a segurança dos cidadãos, mantendo a ordem e o bem-estar geral e com isso encontram guarida na Constituição da maioria dos países.

3) Subsídios aos esforços de diminuição da poluição

Este método sugere o subsídio governamental (às empresas) de diversas formas diretas e indiretas, a saber: simples pagamento pela redução dos níveis da poluição, subsídios para aquisição e instalação de dispositivos em controle de poluição, créditos e incentivos fiscais de diversas modalidades.

Caso haja subsídios para investimentos em controle de poluição, esses subsídios devem ser oferecidos em equipamentos ou dispositivos de controle que aumentem seus lucros líquidos. Seja através de aumento da receita, seja pela redução de custos. Afinal, ainda que o governo se ofereça para pagar parte do custo desses equipamentos ou dispositivos de controle de poluição, as empresas, ou poluidores de forma geral, teriam pouco incentivo em sua efetivação, se a medida não vier associada a um aumento do lucro líquido.

4) Aplicação de taxas, tarifas ou prêmios

A idéia básica é fazer com que os custos de poluição sejam incluídos no sistema de preços-lucros. Esta abordagem propõe a aplicação de taxas ou tarifas por unidade de poluente emitida, a partir da utilização de dispositivos de medição e avaliação do montante de poluição emitido por cada uma das unidades poluidoras das diferentes atividades instaladas na região em estudo. Uma coordenadoria técnica poderia determinar os limites toleráveis e seguros de emissão e os valores das taxas a serem aplicadas.

Para que sejam implantadas formas de incentivos econômicos no controle de poluição dos recursos hídricos, devem ser conhecidos, em detalhes, os custos e as despesas de tratamento dos diversos efluentes e em diversos níveis de tratamento, os custos ocasionados pelo lançamento destes efluentes com diferentes níveis de carga remanescente. Este conhecimento tem como objetivo a maximização dos benefícios para a comunidade.

Fica claro que o investimento necessário para obtenção destas informações é bastante alto, uma vez que as in-

formações podem exigir complexos sistemas de medição e controle. Assim, o incentivo econômico pode ficar reduzido à cobrança de taxas, cujo valor cresce com a carga remanescente, e concessão do prêmio, que também cresce com a redução do potencial poluidor. Na prática, tanto o valor remanescente como a redução conseguida são medidos por unidade de carga de poluente.

Assim, a aplicação dos sistemas de taxas e de prêmios exige o conhecimento dos custos associados ao lançamento dos efluentes. De posse destes dados sobre os custos, as atividades poluidoras escolhem o sistema de tratamento que minimizem seus custos.

Mesmo os sistemas de taxas e prêmios tendo procedimentos semelhantes, na prática, os países que adotam esta sistemática de controle (como a França, por exemplo), referem-se às taxas. Esse motivo é baseado nos problemas administrativos e psicológicos gerados pelo emprego de prêmios, entre os quais pode-se mencionar (Cunha, 1980):

a) psicologicamente é mais bem aceito pela comunidade o pagamento de uma taxa pelo motivo de poluir, do que atribuir ao poluidor um prêmio por deixar de poluir;

b) o sistema de prêmio, num caso extremo, poderia pagar uma atividade que deixasse de funcionar, ou que nem mesmo se instalasse, o que pode tornar-se ridículo.

Além disso, o sistema de prêmios não possibilita o financiamento de obras e serviços para o gerenciamento dos recursos hídricos, fato que no sistema de taxas torna-se automático. Afinal, a utilização de recursos dos próprios apropriadores é bastante mais razoável que o financiamento externo à bacia, e mais razoável ainda do que dispor de empréstimos para o pagamento de prêmios.

Os valores da cobrança devem ser fixados em função das características dos efluentes, de sua vazão e da concentração, definindo, assim, a "carga" do despejo em questão. Em geral, a cobrança pela poluição é proporcional à carga poluente remanescente, independente do grau de rendimento do tratamento efetuado. O valor deve ser, também, suficientemente alto para sensibilizar o apropriador a zelar pelo recurso hídrico.

Assim, a questão que se coloca imediatamente é quem seria realmente penalizado caso houvesse a imposição dessa taxa. Conforme veremos a seguir, tal resposta depende crucialmente da estrutura de mercado em que a empresa sujeita à nova taxa atua.

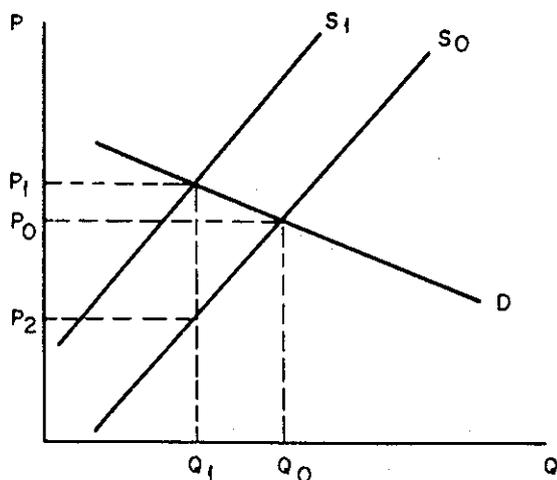
As diferentes estruturas de mercado

Concorrência perfeita

A concorrência perfeita caracteriza-se como sendo a estrutura de mercado em que existe grande número de pequenas firmas, de forma que nenhuma delas isoladamente tem capacidade para influenciar o preço de mercado, dada a sua pequena dimensão. Além disso, os produtos são homogêneos, não havendo diferenciação entre o produto das diversas empresas e há livre mobilidade de capital.

Em primeiro lugar, cabe observar que a análise que se segue só é válida supondo-se que todas ou pelo menos a maior parte das firmas que compõem cada um dos setores de atividade estejam sujeitas à cobrança, pois caso contrário não é necessário qualquer exame mais cuidadoso para que se saiba o resultado da imposição dessa cobrança sobre o uso da água. Se apenas as empresas localizadas em

Gráfico 6: Demanda elástica e oferta inelástica

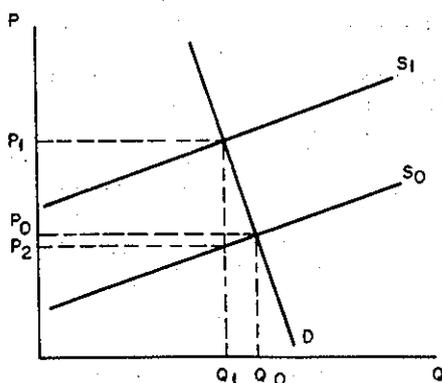


determinada bacia hidrográfica estão sujeitas ao tributo e estas compõem parcela minoritária do mercado, então serão obrigadas a arcar com todo o ônus, pois não conseguirão repassar à frente o aumento dos custos porque as outras firmas do setor estão isentas deste encargo.

Um caso particular seria aquele em que houvessem cobranças diferenciadas segundo a bacia hidrográfica em que a empresa está localizada, devido a uma menor saturação da bacia. Tal situação também será objeto de análise neste trabalho.

Um aumento de tributação, com a imposição da cobrança, terá um impacto maior sobre o preço de equilíbrio quanto mais inelásticas forem as curvas de demanda e oferta em relação ao preço. Também a parcela dessa nova cobrança efetivamente paga por consumidores e produtores dependerá dessas elasticidades. Aqueles agentes econômicos, vendedores ou compradores, que tiverem menor capacidade de reação a uma variação do preço, vale dizer, cuja curva de mercado seja menos elástica, arcarão com parcela maior.

Gráfico 7: Demanda inelástica e oferta elástica



Seguem alguns exemplos para ilustrar a proposição supra-mencionada.

a) Demanda elástica e oferta inelástica

O gráfico 6 permite que se visualize este primeiro caso.

Dada uma situação inicial de equilíbrio (P_0, Q_0), tem-se, então, a introdução da cobrança (que pode ser considerada como sendo um imposto). Isto provocará um deslocamento da curva de oferta para a esquerda e para cima na mesma proporção da cobrança instituída (de S_0 para S_1). Existe, assim, um novo ponto de equilíbrio (P_1, Q_1); houve, portanto, um acréscimo do preço de mercado e uma diminuição da quantidade comercializada.

Analisando, agora, o impacto sobre produtores e consumidores, tem-se que estes últimos pagavam, antes da cobrança, P_0 pelo bem. Após a cobrança passam a ter que desembolsar P_1 . Portanto, a parcela — do valor cobrado — que cabe aos compradores é $P_1 - P_0$. Já os produtores recebiam P_0 , antes da cobrança. Após, a remuneração percebida desce a P_2 , pois como o deslocamento da curva de oferta deu-se exclusivamente para cobrir o novo imposto, tem-se que S_1 é a curva de oferta efetiva do mercado e S_0 é a curva de oferta que demonstra a remuneração efetiva do produtor a cada quantidade comercializada. Portanto, do valor cobrado, $P_1 - P_2$, a empresa tem que pagar $P_0 - P_2$; parcela maior que a do consumidor. Tal fato ocorre por uma razão bastante simples. Enquanto os consumidores do bem possuem uma grande sensibilidade a qualquer alteração do preço, os produtores, ao contrário, têm pouco poder de reação a modificações no preço da mercadoria, por isso, são mais penalizados.

A seguir, analisa-se a situação oposta.

b) Demanda inelástica e oferta elástica

O gráfico 7 ilustra o caso em que a demanda é pouco elástica e a oferta apresenta elevada elasticidade.

Em primeiro lugar, pode-se observar que o novo preço de equilíbrio (P_1) é mais elevado que no caso analisado anteriormente. Como agora os consumidores têm poucas condições de reagir à alteração do preço, a quantidade comercializada no mercado diminuirá em pequena monta enquanto o preço terá substancial elevação. Dessa forma, neste segundo caso, serão os compradores que arcarão com a maior parcela da nova cobrança ($P_1 - P_0$). Do valor total ($P_1 - P_2$), restará às empresas ônus bem menor ($P_0 - P_2$).

Como a possibilidade de repasse desse ônus ao preço por parte da empresa está condicionada às elasticidades da oferta e demanda, fica a critério de um estudo mais específico a determinação do impacto real da introdução da cobrança sobre os usos da água sobre um setor.

c) Os setores com preços administrados

Em relação ao caso brasileiro é notória a existência de setores para os quais o governo fixa o preço de venda do produto. É o caso do açúcar, do álcool, aço, cerveja, refrigerante etc. Para estes produtos, a introdução da cobrança pode trazer outras conseqüências que não simplesmente o acréscimo de preços.

O gráfico 8 ilustra as possibilidades de fixação do preço por parte do governo, dado um valor de cobrança e suas consequências.

Supondo-se que na situação inicial, antes da aplicação da taxa, o preço fixado pelo governo fosse P_0 , que é o preço de equilíbrio do mercado. Com a nova tarifa, a curva de oferta se desloca para S. Analisem-se duas possibilidades a partir daí. A primeira delas é que a autoridade de gestão dos recursos hídricos continue seguindo os "impulsos do mercado" e determine que o novo preço seja P_1 . Neste caso, os resultados alcançados são invariantes relativamente aos casos já analisados.

Todavia, caso a opção se faça por um preço inferior a P_1 como P_3 ou mesmo a manutenção do preço em P_0 , aí têm-se problemas no que se refere ao desencontro entre as quantidades ofertadas e demandadas. Se, por exemplo, for mantido o mesmo preço da situação inicial tem-se que, enquanto os consumidores estariam dispostos a manter o mesmo nível de compras anterior (Q_0), os produtores, dada a introdução da tarifa, restringirão sua oferta e, ao preço P_0 , irão vender apenas Q_2 . Esta diferença, $Q_0 - Q_2$, corresponde ao excedente de demanda que se criará no mercado, observando-se a partir disto algum tipo de racionamento do produto. Se ao invés de manter P_0 , o governo resolve aumentar o preço para P_3 , o excesso de demanda, embora menor, continua ainda a subsistir.

Monopólio

A próxima estrutura de mercado a ser analisada constitui-se no oposto da concorrência perfeita. Enquanto nesta subsiste número elevado de pequenos produtores relativamente às dimensões do mercado, de forma que nenhum deles isoladamente consegue influenciar as condições do mercado, no caso do monopólio existe um único produtor que pode, assim, manipular as condições do mercado para maximizar sua taxa de lucro.

No caso do monopólio, conforme pode-se ver no gráfico 9, a cobrança sobre os usos da água fará com que tanto produtores quanto consumidores sejam penalizados.

Antes da cobrança, a situação de equilíbrio do mercado era representada pelo ponto A, ao preço P_0 e quanti-

Gráfico 8: Imposição de taxa com fixação de preço.

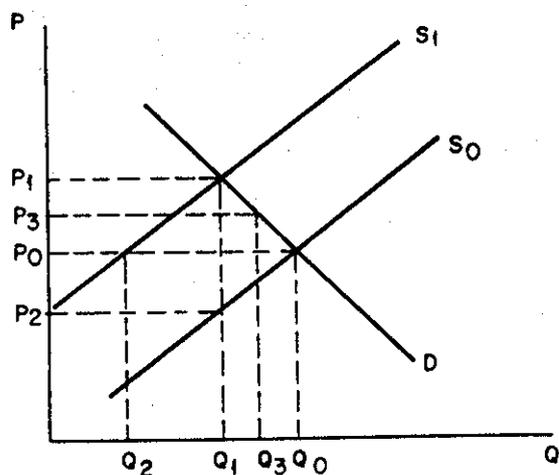
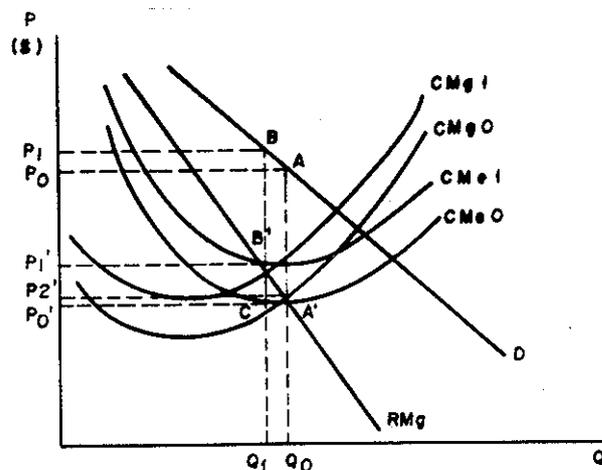


Gráfico 9: Monopólio.



dade Q_0 , pois é onde se cruza a Receita Marginal, derivada da curva de demanda do mercado (D), com o custo marginal inicial. Diz-se que este é o ponto ótimo de produção para a empresa, pois aí está maximizando seus lucros. A empresa monopolista, neste caso, está desfrutando de um lucro extraordinário representado pela área $P_0AA'P_0'$.

Com a cobrança, os custos da empresa deslocam-se para CMe_1 e CMg_1 . Desta forma, o novo equilíbrio de mercado está representado pelo ponto B, ao preço P_1 e quantidade Q_1 . Nesta nova situação, o consumidor estará pagando um acréscimo no preço do produto equivalente a $P_1 - P_0$. Do lado do monopolista, seus lucros extraordinários agora se reduzem a $P_1BB'P_1'$, menores que os da situação inicial. Assim, no novo ponto de equilíbrio, seus lucros são menores do que na situação inicial. Isto só não ocorreria se a demanda pelo produto fosse completamente inelástica, e aí apenas os consumidores é que estariam arcando com o ônus da nova tarifa. Quanto maior a elasticidade da demanda, mais os lucros extraordinários do monopólio seriam afetados.

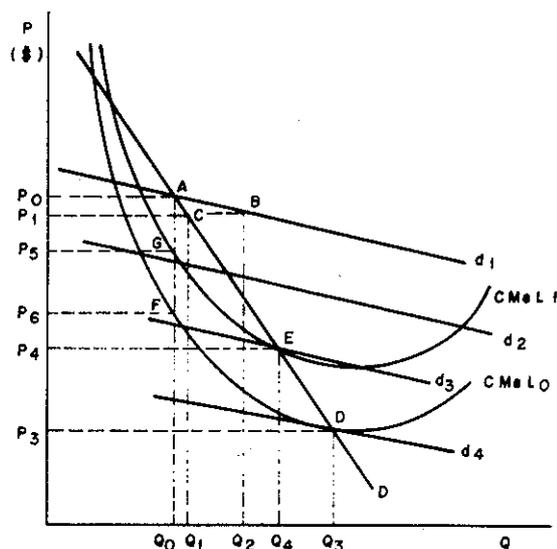
Desta forma, pode-se constatar que mesmo em setores concentrados, nos quais as empresas têm condições para repassar à frente o aumento de seus custos, isto só se fará às custas de uma redução da quantidade vendida, sendo que esta redução será maior ou menor de acordo com o fato de que a demanda seja mais elástica ou mais inelástica, respectivamente.

Embora em ambos os casos, antes e depois da cobrança, a empresa esteja maximizando seu lucro, dadas as condições de custo e demanda em cada situação, no primeiro caso — com a ausência da tarifa — o lucro total é superior ao verificado quando se introduz a cobrança. Portanto, com o mecanismo da tarifação, é lícito concluir que haverá um estímulo às empresas para que adotem medidas visando diminuir a poluição produzida por suas atividades industriais para redução de custos oriundos da cobrança sobre os usos da água, desde que o valor a ser pago seja superior aos custos de tratamento dos efluentes.

Concorrência monopolística

Os dois casos anteriormente analisados — concorrência perfeita e monopólio — constituem parcela minoritária

Gráfico 10: Concorrência monopolística.



ria da estrutura produtiva brasileira. Notadamente no que diz respeito ao setor industrial. Neste tipo de atividade, ao contrário dessas situações de mercado extremas — grande número de pequenos produtores e um único produtor — o mais comum é encontrar casos intermediários. Assim, têm-se as estruturas de mercado oligopolístico, no qual prevalece um pequeno número de produtores e que será tratada no tópico seguinte, e a concorrência monopolística que será aqui tratada.

O conceito de concorrência monopolística e o modelo econômico correspondente a esta estrutura de mercado, no que diz respeito à determinação do preço e quantidade de equilíbrio, foram desenvolvidos durante a década de 30 por Chamberlain e Robinson. A idéia básica é a de um mercado composto por significativo número de concorrentes do lado da oferta, sendo, contudo, os produtos diferenciados, apesar de serem substitutos. Exemplos típicos dessa estrutura de mercado são os artigos de perfumaria em geral (sabonete, desodorante, shampoo etc.) e certos produtos alimentícios industrializados (molho de tomate, temperos etc.).

A alteração do equilíbrio do mercado dada pela cobrança sobre os usos da água sobre as empresas que atuam nesse setor pode ser visualizada no gráfico 10.

Antes de mais nada, cabe diferenciar as curvas de demanda mais elásticas (d) daquela mais inelástica (D). As curvas d_1 , d_2 , d_3 e d_4 indicam o que cada produtor imagina que seja a curva de demanda pelo seu produto, enquanto a curva D indica como realmente o mercado vai se comportar. Desta forma, por exemplo, quando o produtor está no ponto A, ele julga que reduzindo o seu preço para P_1 , ele caminhará ao longo de d_1 , pois imagina que os outros competidores não perceberão sua manobra, aumentando a quantidade demandada para Q_2 , o que provocará acréscimos no seu lucro total, uma vez que o Custo Médio de Longo Prazo (CMeL) é menor. Contudo, na medida em que os outros produtores percebam que um dos concorrentes reduziu seu preço e façam o mesmo para não perder participação no mercado, a quantidade demandada aumentará até Q_1 apenas e não para Q_2 ,

caminhando-se ao longo de D (para o ponto C), e não de d_1 (para o ponto B).

Ainda neste ponto, haverá incentivo para que o empresário tente reduzir seu preço, pois o custo unitário é menor do que o preço do mercado àquela quantidade vendida. Assim, ele tenderá a reduzir seu preço até que isto não mais aconteça. O que na situação inicial, isto é, antes da cobrança, corresponderia ao ponto D. Quando o produtor estiver comercializando a quantidade Q_3 ao preço P_3 não haverá mais incentivo para a redução do preço, pois aí o empresário estaria incorrendo em prejuízo. Portanto, a longo prazo o equilíbrio do mercado tenderá a se estabelecer em D.

A imposição da tarifação terá o efeito de deslocar a curva de custo médio para cima na proporção da alíquota ou valor, o que equivale, na demonstração gráfica a deslocá-la de $CMeL_0$ para $CMeL_1$. Assim, nessa nova situação, reduzir-se-ão o preço e a quantidade de equilíbrio para P_4 e Q_4 , respectivamente.

A questão de quem paga pela implantação da cobrança sobre os usos dos recursos hídricos — consumidores ou produtores — depende, para ser respondida, da consideração do curto ou longo prazo. No curto prazo, dado que a demanda não se altere, todo o ônus da cobrança cairá sobre os ombros das empresas, sob a forma de redução de suas margens de lucro, não chegando a comprometer, todavia, sua saúde financeira. Seus lucros extraordinários reduzir-se-ão, na situação indicada pelo ponto A, da área representada pelo retângulo P_0ADP_0 para P_0AEP_0 . O consumidor não terá qualquer acréscimo de preço neste momento.

Já quando se considera o resultado alcançado no longo prazo, vê-se que é o comprador quem acaba arcando com a maior parte do peso da nova tarifa, pois ao invés de um preço de equilíbrio final igual a P_3 tem-se um preço mais elevado (P_4), observando-se também redução na massa de lucros da empresa.

Oligopólio

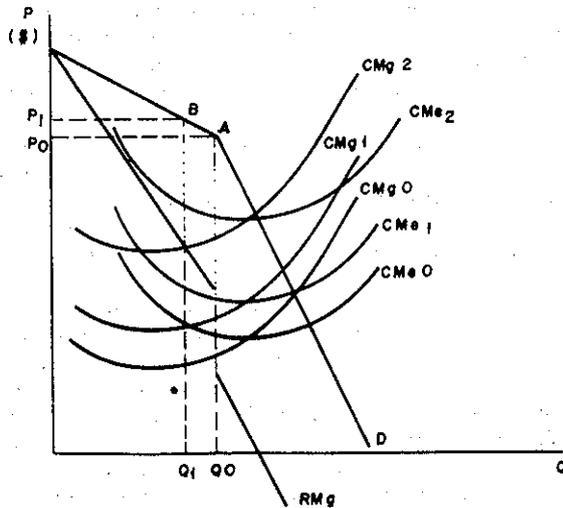
A estrutura de mercado em que prevalece pequeno número de grandes empresas controlando a totalidade ou pelo menos a maior parte da produção de determinado bem, vale dizer, o oligopólio, é uma das mais comuns de ser encontradas, não só na realidade brasileira, mas também em outros países, mormente quando consideramos o setor industrial. Exemplos de oligopólios são: celulose e papel, indústria farmacêutica, frigoríficos, cervejarias etc.

No caso dos setores oligopolísticos, é possível serem identificadas três situações mais importantes no que se refere à forma de relacionamento entre as empresas.

No primeiro caso, os oligopolistas organizam-se em um cartel, agindo, conjuntamente, da mesma forma que um monopolista. Nesta situação, os resultados alcançados são semelhantes àqueles já vistos para o caso do monopólio, com a única diferença de que, agora, determinado o nível de preços e produção de todo o setor, caberá à administração central do cartel distribuí-lo entre as empresas participantes. O que, contudo, não altera o resultado final para empresas e consumidores relativamente ao monopólio.

O segundo caso consiste na existência, dentro do mercado oligopolístico, de uma empresa líder, a qual fixa o nível de preços máximos do setor, sendo este seguido pe-

Gráfico 11: *Oligopólio — curva de demanda quebrada.*



las demais empresas, estas bem menores e com participação mais reduzida no mercado, que tratam de fixar o preço de seus produtos abaixo dos preços da empresa dominante.

Nesse contexto, o que pode ocorrer é que, se todas as empresas forem afetadas pela cobrança, haverá o ajustamento de preço e quantidade pela empresa líder de maneira semelhante à do monopólio, o qual será seguido pelas demais firmas. Entretanto, se o acréscimo de custos pela cobrança sobre os usos dos recursos hídricos se fizer apenas sobre as empresas menores (por exemplo, por se localizarem em bacias mais saturadas), estas terão que optar, baseadas na análise da elasticidade da demanda com que se deparam no mercado, entre aproximar seu preço da empresa líder e perder participação no mercado (no caso da demanda ser inelástica ainda assim compensaria) ou manter o preço e aceitar redução na margem de lucro, para não se ver subtraída em parcela do mercado.

O terceiro caso aqui analisado refere-se à estabilidade verificada nos mercados oligopolísticos. Alguns analistas notaram haver nos mercados onde prevalece um equilíbrio muito grande entre as empresas em termos de potencial econômico, uma estabilidade bastante acentuada nos preços praticados. A idéia subjacente é de que como existe uma interdependência acentuada entre as ações das várias empresas, estas procuram, como “política de boa vizinhança”, não concorrer via-preço e sim através de outros fatores, como por exemplo: propaganda, estilo, qualidade etc. O objetivo é não provocar movimentos competitivos danosos a todos.

Para explicar a estabilidade de preços existente num mercado oligopolístico, Paul Sweezy, economista norte-americano, desenvolveu o modelo de demanda quebrada.

Este modelo pressupõe que a curva de demanda da empresa monopolista apresenta, a partir de determinado ponto, uma mudança de inclinação, tornando-se menos elástica. Tal fato gera uma descontinuidade na reta de receita marginal, conforme ilustrado no gráfico 11, permitindo que, mesmo que os custos variem, para baixo ou para cima, dentro de certos limites, não ocorra alteração no ponto de equilíbrio.

A incidência da cobrança e o impacto disto sobre o ponto de equilíbrio do mercado daí derivado encontram-se ilustrados também no gráfico 11.

Conforme se pode visualizar, dependendo do montante de acréscimo de custos trazido pela cobrança, o resultado final pode ser a manutenção do mesmo preço e quantidade anteriores (deslocamento das curvas de custo médio e marginal de CMe_0 e CMg_0 para CMe_1 e CMg_1 , respectivamente) ou aumento do preço e redução da quantidade comercializada (ponto B) quando o acréscimo dos custos — dado pela cobrança — fizer com que a curva de custo marginal exceda a receita marginal em seu segmento descontinuo (CMe_2 e CMg_2). No primeiro caso, o impacto da nova cobrança será absorvido exclusivamente pelas empresas, reduzindo-se sua lucratividade. E, na segunda situação, além da redução na margem de lucro das firmas, proporcional à elasticidade-preço da demanda em seu segmento superior, tem-se os consumidores sendo penalizados por aumento do preço do produto, aumento este mais elevado quanto menor a sua capacidade de diminuir a demanda, vale dizer, quanto mais inelástica a curva de demanda na sua parte superior.

3. Comentários e discussões

A estrutura de mercado e seu comportamento são determinantes para que a questão “quem paga a conta” seja respondida. No caso de mercados concorrenciais, espera-se tenha ficado claro que a maior possibilidade de repasse da nova cobrança ao preço final do produto depende crucialmente da elasticidade da demanda. Caso esta elasticidade seja pequena poderão ocorrer casos de empresas que não suportem os valores da cobrança, notadamente se empresas concorrentes estiverem localizadas em outras bacias hidrográficas com tarifação menor ou mesmo nula. Com isso, deverão, a médio prazo, deixar o mercado, otimizar sua produção, reduzindo custos, ou se relocar em outra bacia hidrográfica, para recobrar sua competitividade.

Teoria de preços marginalista (ou neoclássica)

O presente estudo está baseado em pontos da teoria de preços marginalista (ou neoclássica). Sob essa ótica e contemplando o comportamento do mercado — em diferentes estruturas —, pode-se tecer algumas considerações a respeito da questão: “Quem pagará a conta: o produtor ou o consumidor?” A saber:

Concorrência perfeita

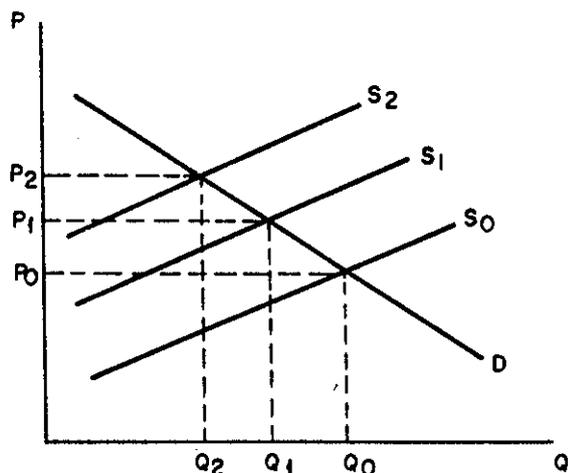
Para demanda elástica e oferta inelástica, as empresas devem pagar parcela maior que a do consumidor. Para demanda inelástica e oferta elástica, os compradores arcam com a maior parcela.

Assim, a possibilidade de repasse da tarifação ao preço por parte da empresa está condicionada às elasticidades da oferta e demanda e, também, à situação de saturação da bacia hidrográfica em que está localizada.

Monopólio

A imposição da cobrança fará com que tanto produtores quanto consumidores sejam penalizados. Mais uma vez dependerá da elasticidade da demanda. Se for inelástica,

Gráfico 12: Imposição de taxas diferentes.



apenas os consumidores é que arcarão com o ônus. Quanto maior a elasticidade da demanda, mais os lucros do monopólio seriam afetados.

Concorrência monopolística

A resposta de quem paga — o consumidor ou o produtor — depende da consideração de curto ou longo prazos. No curto prazo, desde que a demanda não se altere, todo o ônus da tarifação ficará a cargo das empresas. A longo prazo, é o consumidor que deve arcar com a maior parte do valor cobrado sobre os usos dos recursos hídricos.

Oligopólio

Dependendo da estruturação das empresas, ter-se-á um comportamento distinto, podendo ser encontrados comportamentos equivalentes ao monopólio, situações onde a cobrança deverá ser absorvida exclusivamente pelas empresas (reduzindo sua lucratividade) e outras situações onde o consumidor será penalizado por aumento do preço do produto.

Uma observação de âmbito geral a ser feita é que as empresas que participam de um mercado com estruturas oligopolistas, monopolistas e mesmo concorrência monopolística apesar de provável redução na sua margem de lucro, não enfrentarão problemas de inviabilização de suas atividades produtivas, uma vez que, no caso do Brasil, a remuneração do capital nesses setores costuma ser elevada. Além disso, ainda resta a possibilidade de tratamento de seus efluentes ou mesmo a realocação para bacia menos saturada e, portanto, com menores tarifas.

Outra consideração é que aqui também a elasticidade da demanda joga seu peso. Será maior a redução de lucros dos monopolistas, oligopolistas e das empresas que atuam em concorrência monopolística com a nova cobrança, quanto maior a elasticidade da demanda e menor, neste caso, os aumentos de preços com que terão de arcar os consumidores.

Estímulo ao tratamento

Conforme já mencionado neste texto, com o mecanismo da tributação, é lícito concluir que haverá um estímulo

às empresas para que adotem medidas visando diminuir a poluição/consumo — apropriação — de suas atividades industriais para a redução de custos oriundos da cobrança, desde que o valor a ser pago seja superior aos custos de tratamento dos efluentes.

As diferenças de cobrança a partir de distintas bacias hidrográficas e o estímulo à localização mais adequada dos apropriadores da água

Se existirem empresas, concorrendo no mercado, localizadas em bacias hidrográficas diferentes, pode acontecer dos valores da cobrança também serem diferentes, tendo em vista os graus distintos de saturação encontrados em cada uma delas. Nesse caso, têm-se valores diferenciados para as várias empresas. Tal situação está ilustrada no gráfico 12.

Supondo que as empresas saiam de uma situação inicial de equilíbrio entre elas, na qual as estruturas de custo semelhantes imponham a curva de oferta de mercado S_0 . Ocorre, então, a incidência da cobrança, fazendo com que, para algumas empresas, o custo faça a curva de oferta deslocar-se para S_1 , ao mesmo tempo em que outras empresas têm um valor de cobrança mais elevado, por estarem localizadas em bacia mais saturada, subindo seus custos marginais para a curva representada por S_2 .

Numa situação deste tipo, o resultado final dependerá da importância do conjunto das empresas situadas em cada bacia relativamente ao mercado como um todo. Se as firmas que tiveram reajustes maiores em seus custos forem minoritárias relativamente ao mercado, não resta dúvida que elas terão de arcar com diminuição na sua margem de lucro no curto prazo, dado que o mercado se situará num preço inferior ao necessário para a maximização de suas taxas de lucro na nova situação (P_1).

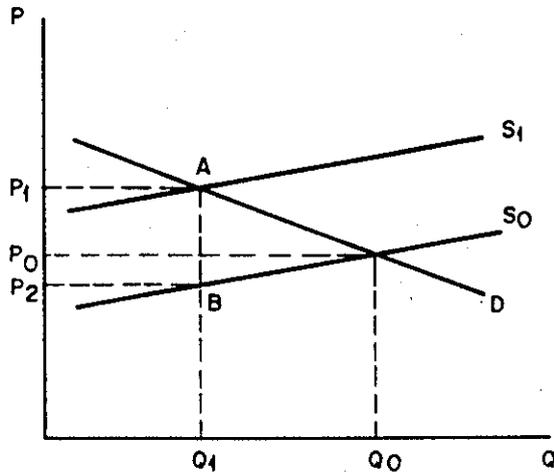
Por outro lado, se as empresas com custos maiores forem majoritárias dentro da estrutura do mercado, os preços elevar-se-ão a P_3 , proporcionando lucros extraordinários às empresas situadas na bacia menos saturada. Tal situação deve servir de poderoso estímulo para que ocorra uma alocação melhor de empresas entre as várias bacias hidrográficas a médio e longo prazos.

A receita total oriunda da cobrança

Um ponto que se afigura particularmente importante diz respeito ao montante arrecadado com a introdução de uma nova cobrança. Conforme demonstram os gráficos 13a e 13b, o volume de arrecadação varia inversamente com a elasticidade das curvas de oferta e demanda. Quando se comparam os referidos gráficos, percebe-se nitidamente o que ocorre com a arrecadação das tarifas conforme variem as elasticidades das duas curvas do mercado.

Trabalha-se aqui com dois casos extremos para facilidade de exposição: curvas de oferta e demanda com elasticidade elevada (13a) e curvas de oferta e demanda inelásticas (13b). A receita total da cobrança está expressa, em ambos os casos, pelo retângulo P_1ABP_2 . No primeiro, o fato de a demanda e a oferta serem bastante elásticas indica uma capacidade de reação muito grande de produtores e consumidores a variações nos preços, o que acaba por determinar uma receita reduzida para a entidade gestora dos recursos hídricos. No entanto, quando as curvas

Gráfico 13a: Oferta e demanda elásticas

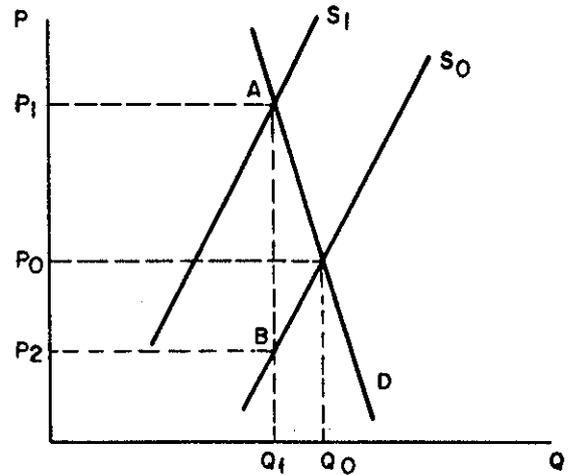


do mercado se apresentam inelásticas (gráfico 13b), a receita total da cobrança cresce substancialmente. Isto porque tanto produtores como consumidores têm poucas condições de reduzir as quantidades produzidas e consumidas, respectivamente, dadas as variações no preço, o que afeta diretamente a qualidade do corpo de água.

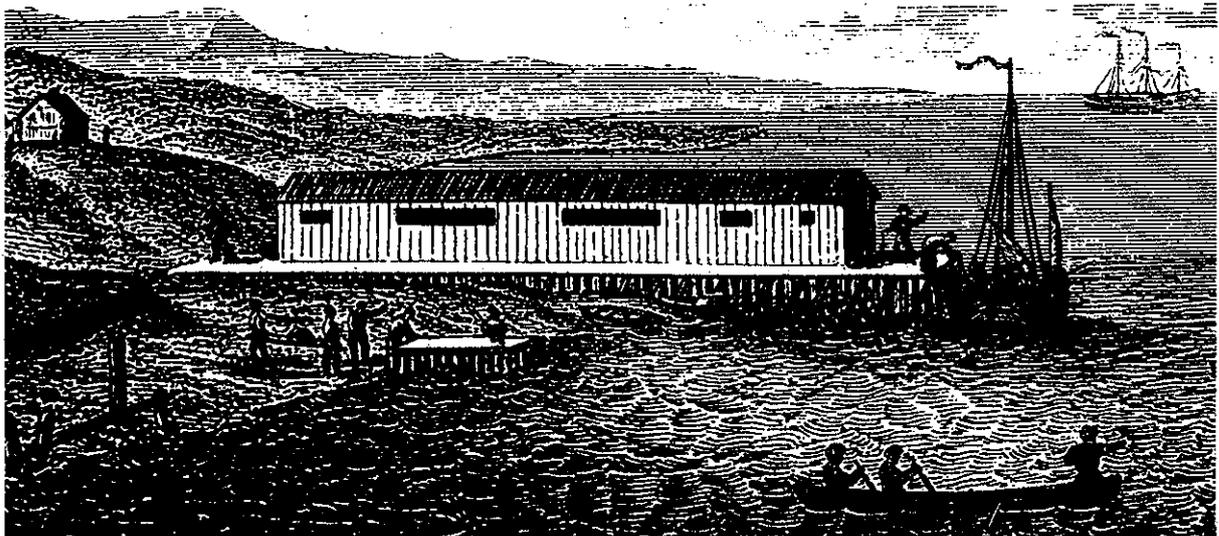
Referências bibliográficas

- BILAS, R.A. (1983). *Teoria microeconômica: uma análise gráfica*. RJ. Forense — Universitária.
- BUARQUE, C. (1983). *Teoria econômica e meio ambiente* in: Revista do Serviço Público, 4(111), 83-92.
- CUNHA, L. V. et al. (1980). *A gestão da água — princípios fundamentais e sua aplicação em Portugal*. Fundação Calouste Gulbenkian, Portugal.
- FERGUSON, C. E. (1976), trad.: Barbassa, A.G. & Brandão, A.P. *Microeconomia*. Forense-Universitária, Rio de Janeiro.
- KNEESE, A. V. & BOWER, B. T. (1968). *Managing water quality: economics, technology, institutions*. The John Hopkins Press, Baltimore, USA.

Gráfico 13b: Oferta e demanda inelásticas.



- KNEESE, A. V. et al. (1977). *Environmental improvement through economic incentives*, The John Hopkins Press, Baltimore, USA.
- LEFTWICH, R. H. (1983). *O sistema de preços e a alocação de recursos*. SP, Pioneira.
- PEREIRA DE SOUZA, M. (1989). *Conceituação de um critério à atribuição de taxas sobre os usos dos recursos hídricos*. Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Saúde Pública da USP.
- PEREIRA DE SOUZA, M. (1990). *Revisão bibliográfica para o plano de doutorado*, Faculdade de Saúde Pública - USP.
- ROBBINS, Lionel (1969). *Essay on the nature and significance of economic science*. MacMillan. London.
- SAINT-MARC, P. (1971). *Socialisation de la nature*. Éditions Stock, Paris.
- SALVADOR, N. N. B. (1990). *Avaliação de impactos sobre a qualidade dos recursos hídricos*. Tese de doutorado apresentada em Escola de Engenharia de São Carlos — USP.
- SPENCER, M. H. (1979), tradução: Reis, A. *Economia contemporânea*. Ed. Univ. São Paulo, São Paulo, 3ª edição.



Uso de modelos digitais em Engenharia Ambiental

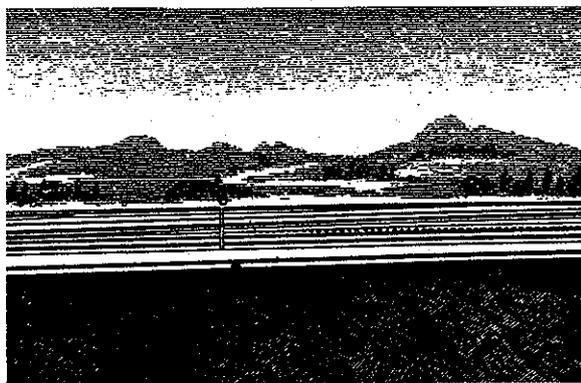
Caso Mina de Extração de Argila — Torres — RS

João Felipe C. L. Costa⁽¹⁾
Fernando S. de Oliveira⁽²⁾

RESUMO O objetivo deste trabalho é descrever a metodologia empregada em projetos de controle ambiental em pequenas minas da região Sul do Brasil, utilizando modelos digitais de terrenos. Na primeira etapa, são descritas as técnicas e as etapas envolvidas na geração destes modelos digitais. O projeto mineiro é desenvolvido com atenção especial na geração de figuras, as quais descrevem claramente a seqüência de escavação. Considera-se que o correto planejamento das atividades mineiras é a principal medida de controle ambiental a ser tomada para minimização dos distúrbios ecológicos. Neste artigo é descrito um caso real, onde esta metodologia é aplicada.

ABSTRACT The aim of this work is to present the methodology used in environmental engineering projects developed in small mines of southern Brazil, using digital terrain modelling. Firstly, the paper describes the techniques and the steps involved in the generation of this digital models. The mining project is developed with special attention to figures creation, which describes properly the excavation sequence. It is considered that a correct mining plan is the main control procedure to minimize the ecological disturbs. The paper describes a real case where this methodology was applied.

O presente trabalho vem mostrar a metodologia utilizada na modelagem digital de terrenos aplicada a uma área próxima ao município de Torres-RS, de propriedade da Empresa João Alves e Cia. Ltda. O empreendimento destina-se à extração de material para aterro visando atender a demanda das empresas de construção civil deste município. A localização da área está apresentada na *Figura 1* (Ver pág. 38). A fim de operar segundo os padrões exigidos pelo Departamento do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e conforme estabelece a legislação ambiental brasileira, foi desenvolvido um projeto paisagístico e ambiental. Aplicou-se a metodologia de modelagem digital de terrenos, de modo que o projeto protege as nascentes de água, a fauna e flora nativas ainda existentes no local, bem como procura deixar a área, ao final da lavra, com as feições topográficas o mais aproximadamente possível semelhante à conformação original.



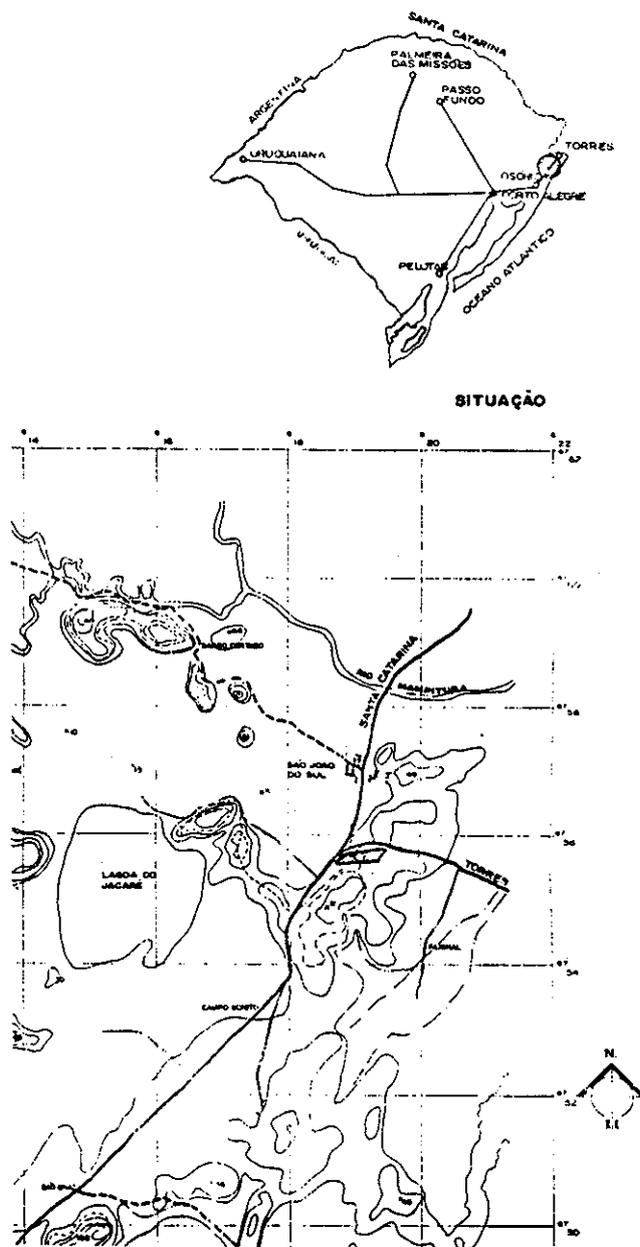
Impactos ambientais

Com a execução da mineração, o principal problema passa a ser o impacto causado pela alteração da topografia original da área e pela remoção da vegetação original com formação de zonas áridas. Isto acarreta um deslocamento da fauna local.

Os processos erosivos resultantes da ausência de cobertura vegetal ocasionarão impactos negativos na área de lavra propriamente dita. Há a formação de sulcos e vossorocas e também o transporte de solos e assoreamento de nascentes. Por fim, com a exploração prevista e devido à peculiaridade desta atividade, acarreta um impacto visual muito forte, formando um ponto de perturbação na harmonia dos componentes da paisagem.

(1) Eng. de Minas, Professor do Depto. de Eng. Minas da UFRGS
(2) Graduando Eng. Minas, Bolsista de Iniciação Científica (CNPQ)

Figura 1 — Planta de Situação



Metodologia

O método consiste basicamente na transformação de dados obtidos através de levantamentos topográficos, fotografias aéreas e sondagens em informações que possibilitem a aplicação de técnicas computacionais. Através de processos matemáticos consegue-se agilidade nos trabalhos de engenharia e geologia. Utiliza-se para tanto, um software para modelagem de superfícies interligado a um outro sistema de CAD. O sistema completo compõe-se de 3 módulos: gerenciador de banco de dados, rotina de cálculo para criação de superfície e módulo gráfico.

Os dados necessários para a construção de uma superfície são valores do tipo x, y, z . Como conjunto de dados,

os valores x e y representam coordenadas reais ou não. O valor z pode representar diferentes tipos de informações geológicas.

No caso Mina de Extração de Argila — Torres — RS, a variável z representa a cota do terreno.

Por causa da natureza tridimensional destes dados, um grupo de valores z pode ser representado como uma superfície. Mapas de contorno são usados para descrever graficamente a superfície. Os dados geológicos são pontos distribuídos de forma irregular na área em estudo. Portanto, será sempre necessário obter-se uma malha regular a partir dos dados originalmente distribuídos sobre uma malha irregular. A regularização dos dados é feita através da interpolação, que é uma técnica de ajuste de uma função matemática aos dados originais para cálculo de valores em pontos não amostrados ou desconhecidos.

O contorno automático é a fase seguinte à da interpolação e permite obter automaticamente mapas de contorno, perfis e plantas que podem ser reproduzidos em impressoras, traçadores gráficos digitais (plotters) ou em terminais de vídeo, a partir das informações contidas nas células da malha regular.

Os dados da malha regular podem ser projetados em perspectiva, permitindo, assim, visualizá-los em três dimensões. Obtém-se, nesta fase, blocos-diagrama, que permitem uma visualização espacial da área em estudo. No caso de Mina de Extração de Argila utilizou-se mapas da região para a coleta das informações que permitiram a construção de mapas planialtimétricos detalhados (Fig. 2) e representações em três dimensões da área de interesse.

Projeto de Lavra

O correto plano de exploração da área, sob a ótica da engenharia de minas e ambiental, representa a primeira e principal medida a ser adotada de forma a prevenir e minimizar os impactos ambientais, possibilitando a recuperação satisfatória da área. O plano subdivide a área em

Figura 2 — Mapa planialtimétrico da área de interesse

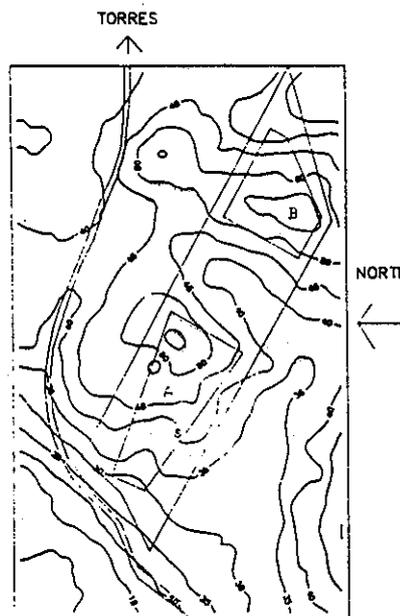


Figura 3 — Áreas de Mineração A e B a e b: depósitos de solo vegetal

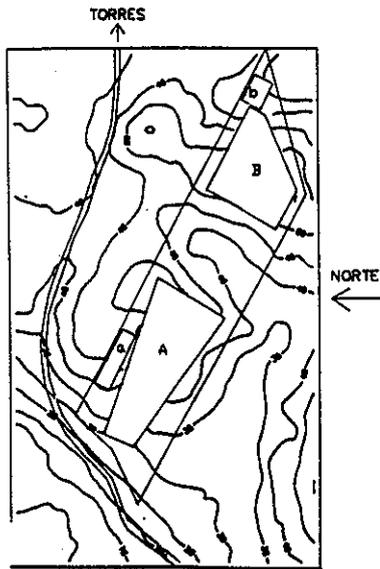


Figura 5 — Projeto de lavra - Conformação Final

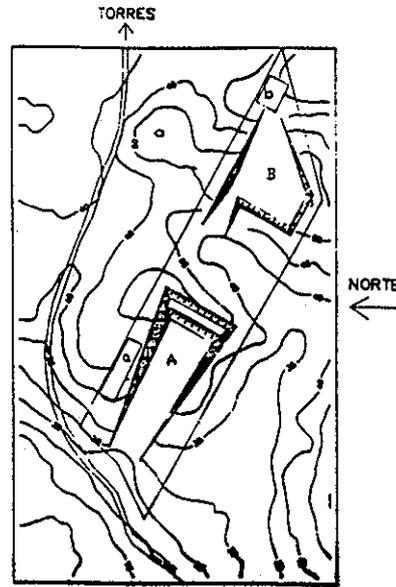


Figura 4 — Área de preservação

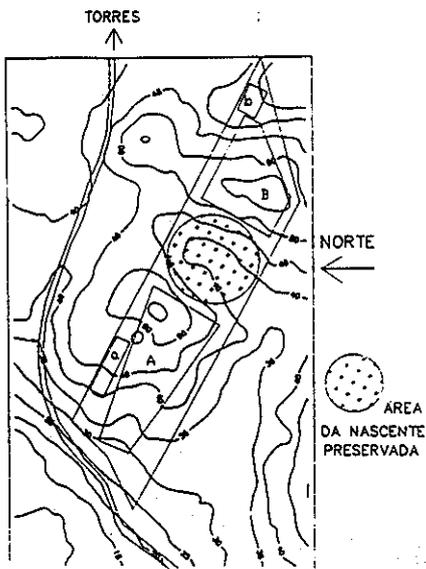
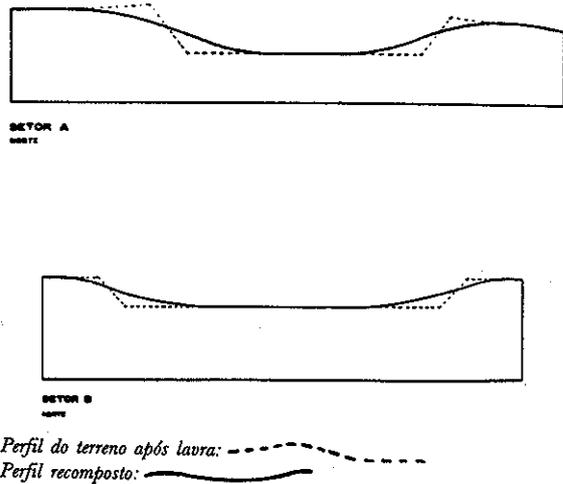


Figura 6 — Seções transversais



dois setores A e B (Fig. 3), visando assim preservar a área intermediária onde existe uma nascente da rede hidrográfica local (Fig. 4). Sinteticamente o plano de lavra prevê as seguintes diretrizes:

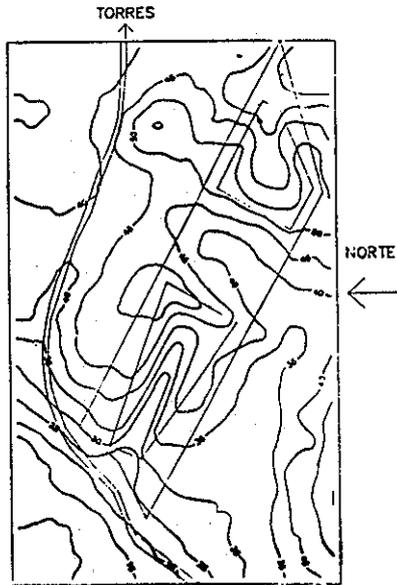
- Não realizar desmatamentos das áreas adjacentes e fora das frentes de lavra propostas;
- Separação do solo superficial retirado pela decapagem das áreas e seu armazenamento em depósito;
- A operação de decapagem deve acompanhar a lavra, evitando o excesso de área com solo desnudo;
- Iniciar as operações de recuperação (terraplanagem,

revegetação) das áreas já mineradas em seqüência ao final da lavra e tão logo seja possível.

A execução de bancadas de altura controlada durante a lavra garante maior estabilidade à escavação. Reduz-se assim os efeitos erosivos provocados pelo escoamento superficial das águas pluviométricas. A instabilidade é evitada com a construção de taludes com ângulos de 45°. As frentes de trabalho serão construídas com greide suave (1,5 a 2%), fazendo a condução das águas em velocidade adequada com minimização dos efeitos erosivos. A configuração final do projeto de lavra está apresentada na Figura 5.

Ao final da lavra as bancadas frontais e os taludes laterais deverão ser suavizados (Fig. 6). As cristas serão quebradas sobre as faces e o perfil final ficará arredondado integrando-se melhor à topografia local (Fig. 7). Depois de recoberto com solo vegetal, serão plantadas mudas de es-

Figura 7 — *Conformação Topográfica Final*



pécies nativas da região propiciando o retorno da fauna e recomposição do ecossistema local.

Conclusão

O uso de microcomputadores para processamento de dados geológicos oferece uma alternativa prática ao uso de

computadores de grande porte. O custo relativamente baixo de “hardwares” e “softwares” torna bastante justificável sua aplicação em problemas geológico-minero-ambientais.

O emprego dos recursos descritos neste trabalho permite ao usuário a obtenção rápida de respostas de forma bastante confiável. A aplicação da metodologia desenvolvida permitiu uma melhor visualização da área a ser recuperada, uma melhor resolução na apresentação da configuração final com superior qualidade e deu maior agilidade no desenvolvimento dos trabalhos de engenharia normalmente realizados.

Agradecimentos

Este trabalho contou com a colaboração da PROJESUL — Assistência Técnica e Projetos Rurais Ltda. e sua equipe de profissionais, e do CNPq — Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio aos projetos de pesquisa.

Bibliografia

1. BUGIN, A., et all. *Plano de Recuperação de Área Degradada — Licenciamento Ambiental — Extração de Argila*. PROJESUL, Porto Alegre, 1990.
2. YAMAMOTO, J. K. *Representações Gráficas Espaciais em Geociências Auxiliadas por Computador* — IPT/SP, 1987.
3. GOLDEN SOFTWARE, Inc. *Surfer Information Manual* — Golden Software — USA, 1987.



Retenção de íons Pb^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} e Zn^{2+} em alumina¹

Sérgia de Souza Oliveira²,
Cláudio Pereira Jordão³
Walter Brune⁴.

RESUMO A mobilidade dos íons metálicos divalentes Pb, Cd, Co e Zn, no meio ambiente pode ser modificada pela interação com matéria inorgânica particulada, por exemplo, com óxidos de alumínio, ferro e manganês, e com a matéria orgânica. Neste trabalho, a retenção de íons metálicos (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} e Zn^{2+}) por suspensões de alumina (Al_2O_3) foi avaliada em função do pH. Foi encontrado que valores do pH_{50} de cada metal (valor de pH onde ocorre 50% de adsorção do metal) estão relacionados aos valores do pK_1 (constante da primeira hidrólise do metal). Esta relação define a seqüência de afinidade dos metais pelo óxido, que pode ser descrita como $Pb > Zn > Co > Cd$.

Palavras-chave: metais pesados, adsorção, alumina.

ABSTRACT The mobility of metal ions in the environment may be affected by their interactions with oxides of aluminium. The retention on alumina (Al_2O_3) of divalent metal ions is examined as a function of pH. The pH_{50} (the pH required for 50% retention) is inversely proportional to pK_1 (first hydrolysis constant of metals) and defines the selectivity sequence of the substrate for the divalent cations: $Pb > Zn > Co > Cd$.

Key words: Heavy metals, adsorption, alumina.

O controle da concentração de metais pesados e elementos nutrientes disponíveis em ambientes aquáticos, assim como na solução do solo, é de fundamental importância em estudos ambientais.

Segundo Slavek & Pickering (10), a mobilidade de cátions metálicos, como Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} e Zn^{2+} , no meio ambiente pode ser modificada pela interação com a matéria inorgânica particulada e com a matéria orgânica. A biodisponibilidade de metais é influenciada na presença de óxidos de alumínio e ferro. A adição destes óxidos a soluções nutritivas de culturas afetam a disponibilidade de zinco (8).



Íons metálicos divalentes são adsorvidos especificamente por muitos constituintes do solo, tais como argilo - minerais, sesquióxidos, carbonatos e matéria orgânica, sendo o processo altamente dependente do pH. Outros fatores que afetam o grau de retenção de íons metálicos incluem a concentração do metal, concentração e natureza dos cátions competidores, afinidade, tipo de substrato e a presença de ligantes (4,5). A avaliação das condições de equilíbrio alcançadas pelos íons metálicos em estudos de adsorção é de particular interesse, quando se considera a mobilidade potencial de um cátion nutriente ou poluente.

A adsorção de íons metálicos pelos óxidos de ferro e manganês tem sido extensivamente estudada mas, relativamente muito pouco é conhecido sobre o comportamento do óxido de alumínio frente aos íons metálicos, devido,

¹ Parte da tese de mestrado em Agroquímica do primeiro autor-Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa (UFV)

² Bacharel em Química

³ Professor Adjunto IV — DEQ — UFV

⁴ Doctor rer. nat.

em parte, às múltiplas formas nas quais o substrato pode ser encontrado (10). Neste sentido, este trabalho teve como objetivo investigar a afinidade dos metais chumbo, cádmio, cobalto e zinco pelo óxido de alumínio (alumina) isoladamente, em função do pH.

Materiais e Métodos

Foi preparada suspensão aquosa da alumina contendo 2,0000 g l⁻¹ do sólido, a partir de reagente grau cromatográfico (MERCK), partículas de 0,063 - 0,200mm (230 - 70 mesh). A suspensão foi mantida sob agitação até a retirada das alíquotas para os experimentos.

O procedimento de adsorção de íons metálicos em óxido de alumínio empregado neste trabalho foi adaptado do método descrito por Slavek & Pickering (10). Alíquotas de 10 ml da suspensão de alumina foram transferidas para frascos plásticos de polietileno de 50 ml de capacidade, pré-lavados em seqüência, com ácido nítrico diluído e água deionizada até ausência de acidez. Em seguida, foram adicionados volumes adequados de solução de NaOH, de modo que fossem obtidas, após a adição das soluções ácidas dos metais, soluções na faixa de pH 3 a 12. Então, alíquotas de 10 ml da solução de nitratos de chumbo, cádmio, cobalto ou zinco contendo 0,5mmol l⁻¹ do metal foram adicionadas cada vez às suspensões as quais foram diluídas para 25 ml com água deionizada. Foi medido o pH em medidor de pH TECNOW AB-7 digital, equipado com eletrodo de vidro combinado, e os frascos plásticos foram colocados sob agitação mecânica por uma noite, à temperatura de 25°C, num banho termostático acoplado a agitador mecânico.

Os resíduos obtidos na etapa anterior foram coletados em filtros de membrana de 0,45 µm, por ação de vácuo. Foi medido o pH de cada filtrado (pH de equilíbrio), o volume foi completado para 75 ml com água deionizada e os níveis de chumbo, cádmio, cobalto ou zinco foram determinados em Espectrofotômetro de Absorção Atômica (Carl Zeiss JENA, modelo AAS3) por aspiração direta das soluções em chama ar-acetileno. A diferença entre a concentração do metal inicialmente adicionada e a concentração do metal em solução forneceu a quantidade de metal adsorvida por aproximadamente 20 mg de óxido de alumínio.

Para se verificar se o substrato foi parcialmente dissolvido ou dispersado, foram determinados os níveis de alumínio por aspiração direta das soluções em chama óxido nitroso-acetileno.

Para se determinar o pH no qual o metal foi retirado da solução apenas por precipitação na ausência de óxido de alumínio, alíquotas de 10 ml da solução de nitratos de chumbo, cádmio, cobalto ou zinco contendo 0,5 mmol l⁻¹ foram transferidas para frascos plásticos de polietileno de 50 ml de capacidade. Em seguida, foram adicionados volumes adequados de solução de NaOH, de modo que fossem obtidas soluções na faixa de pH de 3 a 12. As soluções foram diluídas para 25 ml com água deionizada e os frascos foram colocados para agitar mecanicamente por uma noite, à temperatura de 25°C. Os resíduos foram coletados em filtros de membrana de 0,45 µm, por ação de vácuo, os filtrados obtidos foram diluídos para 75 ml e os níveis metálicos foram então determinados.

Para se determinar o efeito do pH na dissolução da suspensão de alumina em ausência de íons metálicos, alíquotas de 10 ml da suspensão de alumina foram transferidas para frascos plásticos de polietileno de 50 ml de capacidade. Em seguida, foram adicionados volumes adequados de soluções de HNO₃ ou NaOH, de modo que fossem obtidas soluções na faixa de pH de 3 a 12. Estas soluções foram diluídas para 25 ml com água deionizada, sendo os frascos colocados para agitar mecanicamente por uma noite à temperatura de 25°C. Os resíduos foram coletados em filtros de membrana de 0,45 µm, por ação de vácuo, os filtrados obtidos foram diluídos para 75 ml e os níveis de alumínio foram determinados.

Resultados e discussão

Os resultados do efeito do pH na adsorção de chumbo, cádmio, cobalto e zinco em óxido de alumínio são mostrados na Tabela 1. Os valores de pH de equilíbrio foram medidos, no mínimo, após 14 horas de contato entre NaOH, substrato (Al₂O₃) e o íon metálico. Durante este período o pH do sistema diminuiu alguns décimos, podendo ser esta redução atribuída à interação adsorbato/adsorvente e/ou à hidrólise do metal. Tem sido observado (6) que a adsorção de Cd, Co, Cu, Pb e Zn em goethita é seguida pela liberação de 2 (dois) moles de H⁺ da interface óxido-metal.

Tabela 1. Efeito do pH sobre a concentração do íon metálico em solução em presença de óxido de alumínio (concentração inicial do metal em solução: 5 µ moles 75 ml⁻¹, média de 3 repetições).

Metal	pH de equilíbrio	% de adsorção
Chumbo	3,43	2,1
	3,67	5,7
	3,99	16,9
	4,17	19,4
	4,66	28,0
	5,20	49,1
	6,21	82,2
	7,45	100,0
Cádmio	3,96	11,0
	4,39	23,3
	4,60	23,7
	4,93	24,3
	5,55	25,8
	6,07	32,5
	6,74	36,3
	6,90	72,3
8,20	93,0	
Cobalto	3,50	2,5
	4,10	2,5
	4,68	0,0
	6,03	11,2
	6,86	56,5
	8,21	100,0
Zinco	3,89	20,7
	4,88	19,7
	5,82	19,7
	6,25	74,1
	6,71	98,9
	7,10	99,1

Observa-se na Tabela 1 que ocorre uma brusca variação na percentagem de metal adsorvida em uma faixa relativamente estreita de pH. James & Healy (7) também observaram fato semelhante na adsorção de Co em SiO₂ e postularam que isto se deve à precipitação do íon metálico na interface óxido-metal. A adsorção de Cd, Pb, Co e Zn é favorecida pelo aumento do pH na faixa de 3 a 8. A adsorção de chumbo mostra um gradativo aumento na faixa de pH de 3,5 a 7,5, atingindo 50% de adsorção em pH 5,3. Este último valor foi obtido por interpolação gráfica e é denominado como pH₅₀. A partir do pH 5,3, inicia-se a precipitação do chumbo como hidróxido, a mesma completando-se a pH 8,7 (Tabela 2). Slavek & Pickering (10) citam que a transição de adsorção para "adsorção + precipitação" é, arbitrariamente indicada pelo valor do pH₅₀ (valor onde ocorre 50% de adsorção).

Tabela 2. Efeito do pH sobre a percentagem de precipitação do íon metálico na ausência de óxido de alumínio (concentração inicial do metal em solução: 5 µ moles 75ml⁻¹; média de 3 repetições).

Metal	pH de equilíbrio	% de metal precipitado
Chumbo	5,63	6,8
	5,81	23,8
	6,06	90,6
	8,73	100,0
	9,31	100,0
	11,04	100,0
Cádmio	6,07	0,0
	6,11	0,0
	8,37	61,5
	8,85	71,5
	10,09	94,6
	10,97	97,4
Cobalto	7,00	7,8
	8,01	11,5
	8,34	10,0
	9,13	16,8
	9,69	93,3
	11,11	100,0
	12,29	100,0
Zinco	6,04	0,0
	7,43	60,8
	8,35	72,2
	8,56	88,9
	10,30	100,0
	10,39	99,1
	11,65	80,3

Ocorreu uma variação de cerca de 25% na taxa de adsorção de cádmio, quando o pH variou entre 3,96 e 6,74 (Tabela 1). O pH encontrado para adsorver 50% do cádmio em solução foi 6,8, sendo que 97,4% foi precipitado em pH 10,9 (Tabela 2). A adsorção do cobalto apresenta uma pequena variação da taxa de adsorção na faixa de pH de 3,5 a 4,7, sendo o valor do pH₅₀ = 6,7. A precipitação completa do cobalto ocorreu em torno de pH 11 (Tabelas 1 e 2).

Observa-se que a adsorção de zinco foi constante (em torno de 20%) na faixa de pH de 3,9 a 5,8. Acima deste valor ocorre uma brusca variação da taxa de adsorção (Tabela 1), atingindo o pH₅₀ após 0,3 unidade. Observa-se, ainda, que 60,8% do zinco foi precipitado como hidróxido em pH 7,43, havendo redissolução do precipitado a partir do pH 10,30, com o zinco retornando à solução na forma de zincato (ZnO₂²⁻).

Os valores do pH₅₀ dos metais podem ser relacionados aos valores do pK₁ (1ª constante de hidrólise do metal), admitindo-se que as propriedades hidrolíticas destes metais afetem a adsorção nas superfícies dos óxidos (1). O cátion mais facilmente adsorvido é aquele mais facilmente hidrolisado, com a adsorção ocorrendo via espécies metálicas do tipo MOH+. O cátion com menor valor de pK₁ é mais facilmente hidrolisado, desvelando, portanto, maior afinidade pelo óxido. A Tabela 3 mostra a média de valores de pK₁ encontrados na literatura (6).

Tabela 3. Valores da constante de primeira hidrólise (pK₁) dos metais e pH₅₀.

Metal	pK ₁	pH ₅₀
Pb	7,93	5,3
Zn	9,10	6,1
Co	9,40	6,7
Cd	9,60	6,8

Neste trabalho, com o tempo de reação de 14 horas e temperatura de 25°C, observa-se que entre os metais estudados o Pb possui o menor valor de pK₁ e, correspondentemente, o menor valor de pH₅₀. Isto caracteriza alta afinidade deste elemento pelo óxido de alumínio, em relação ao Zn, Co e Cd. O Cd e o Co possuem os mais altos valores de pH₅₀, indicando baixa afinidade relativa destes metais pela alumina.

Resultados similares são descritos na literatura para goethita, onde, através da relação entre pH₅₀ e pK₁ foi encontrada a seguinte seqüência de afinidade pela superfície da goethita: Zn > Cd = Ni (1). A relação entre pH₅₀ e pK₁ pode acarretar um pequeno erro de interpretação dos resultados, devido às diferenças nos valores de pK₁ citados na literatura (Tabela 4).

Tabela 4. Alguns valores de pK₁, citados na literatura.

Pb	Zn	Co	Cd	Referência
6,18	9,60	9,40	9,83	2
7,93	9,10	9,40	9,60	6
—	8,96	—	10,08	1

A afinidade relativa dos metais pelo óxido de alumínio, neste trabalho, pode ser descrita como: Pb > Zn > Co > Cd. No entanto, variações no tempo de reação e temperatura podem causar alterações significativas na ordem de afinidade (1). Na Tabela 5 são encontrados os resultados do efeito do pH na dissolução da alumina. Observa-se que, em média, apenas 2,82% da alumina foi solubilizada na faixa de pH de 3,93 a 10,15.

Tabela 5. Efeito do pH na dissolução da suspensão de alumina em ausência de íons metálicos (concentração inicial de alumínio: 141 µg ml⁻¹, média de 3 repetições).

pH de equilíbrio	% de alumina solubilizada
3,93	2,02
5,19	1,56
6,52	2,23
6,44	2,46
7,10	2,41
8,58	3,91
9,15	3,78
10,15	4,19

A elucidação dos mecanismos responsáveis pela adsorção é de grande interesse. Os modelos sugeridos, mais comumente aceitos, definem que a adsorção ocorre devido, entre outros, à troca iônica ou hidrólise dos metais. Segundo Raij (9), as cargas negativas dos solos podem ser classificadas em cargas permanentes e cargas dependentes do pH. As cargas permanentes existem nas estruturas dos minerais e, por esta razão, estão sempre operantes. As cargas dependentes do pH existem ou não, em função do pH do meio. Os óxidos hidratados de alumínio e ferro podem desenvolver, em suas superfícies, cargas negativas ou positivas, sendo um trocador catiônico ou aniônico, respectivamente. É difícil precisar, para óxidos de alumínio e ferro, as condições exatas de desenvolvimento de cargas no solo. Raij (9) afirma que até aproximadamente pH 6, estes óxidos apresentam cargas positivas enquanto que Enzweiler & Joekes (3) afirmam que os óxidos de alumínio são positivamente carregados até aproximadamente pH 8,4.

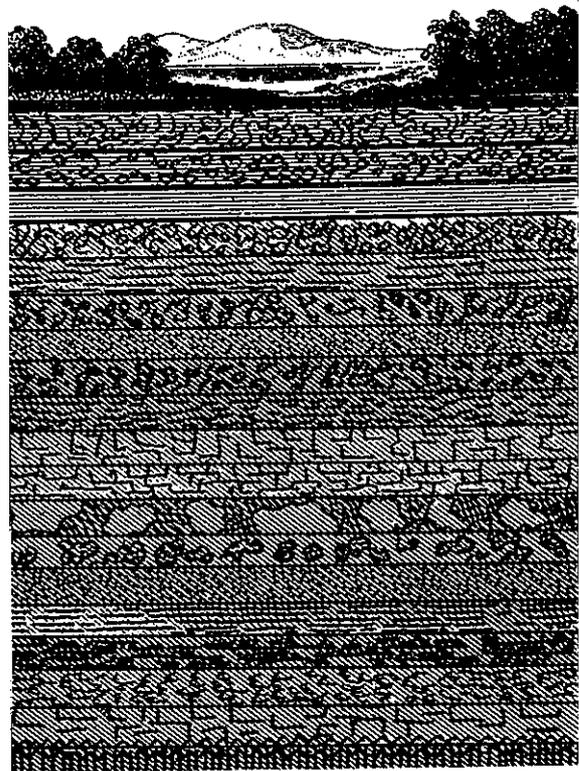
Slavek & Pickering (10) observaram que o cádmio foi o metal que apresentou menor afinidade pelo óxido de alumínio e menor porcentagem de recuperação quando extraído. Isto ocorreu devido ao alto pH no qual o cádmio foi adsorvido, sendo que neste pH já existem cargas negativas superficiais que contribuem para a maior retenção do metal. Segundo os valores de pH_{50} (Tabela 3), a adsorção dos íons metálicos ocorreu na faixa de pH de 5,3 a 6,8. A adsorção deve ocorrer, portanto, via cargas negativas permanentes da estrutura do substrato, pois até aproximadamente pH 6, o óxido de alumínio apresenta cargas superficiais positivas; e via cargas superficiais negativas, quando a acidez do meio favorecer o aparecimento destas. Provavelmente, os metais adsorvidos a valores de pH > 6 (Zn, Co e Cd), apesar de terem menor afinidade, devem ser mais fortemente retidos.

Conclusão

Óxido de alumínio, de solos e sedimentos influenciam na mobilidade de íons metálicos presentes na solução do solo e em águas naturais, através de sua capacidade adsorptiva de cátions, que é altamente dependente da acidez do meio. A adsorção dos cátions divalentes estudados (Pb, Cd, Co e Zn) foi favorecida pelo aumento do pH na faixa de 3 a 8. Nesta faixa, o óxido de alumínio poderia contribuir para a imobilização de íons metálicos de correntes de águas naturais, solos e sedimentos poluídos, juntamente com os óxidos de ferro e manganês.

Referências

- 1 — BRUEMMER, G.W. et alii. Reaction Kinetics of the Adsorption and Desorption of Nickel, Zinc and Cadmium by Goethite. I. Adsorption and Diffusion of Metals. *J. Soil Sci.*, 39: 37-52. 1988.
- 2 — CLIFFORD, A.F. *Inorganic Chemistry of Qualitative Analysis*. 2. ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1961. 515p.
- 3 — ENZWEILER, J. & JOEKES, I. Ouro, Metal Inerte? *Química Nova*, 11(2): 317-20. 1988.
- 4 — FARRAH, H. & PICKERING, W.F. The Sorption of Copper Species by Clays. I. Kaolinite. *Aust. J. Chem.*, 29: 1167-76. 1976 a.
- 5 — FARRAH, H. & PICKERING, W.F. The Sorption of Copper Species by Clays. II. Illite and Montmorillonite. *Aust. J. Chem.* 29: 1177-84. 1976 b.
- 6 — FORBES, E.A. et alii. The Specific Adsorption of Divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zn on Goethite. *J. Soil Sci.*, 27: 154-66. 1976.
- 7 — JAMES, R. O & HEALY, T.W. Adsorption of Hydrolyzable Metal Ions at the Oxide-Water Interface. I. Co (II) Adsorption on SiO₂ and TiO₂ as Model Systems. *J. Colloid. and Interface Sci.*, 40(1): 42-52. 1972.
- 8 — KALBASI, M. et alii. Mechanism of Zinc Adsorption by Iron and Aluminium Oxide. *Soil Sci.*, 125: 146-50. 1978.
- 9 — RAIJ, B. V. *Avaliação da Fertilidade do Solo*. 1. ed. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.
- 10 — SLAVEK, J. & PICKERING, W.F. Metal Ion Interaction with the Hydrous Oxides of Aluminium. *Water, Air and Soil Pollution*, 39: 201-16. 1988.



Educação ambiental: questões metodológicas

Germano Seara Filho*

RESUMO Este artigo discute algumas questões metodológicas relacionadas com o desenvolvimento da Educação Ambiental. As questões da sua amplitude e do seu lugar no currículo escolar e a questão da domesticação versus participação. Conclui-se que as ligações ecológico-ambientais são o demarcador que inclui ou exclui um assunto do campo da Educação Ambiental. O enfoque múlti e interdisciplinar parece ser o mais apropriado e a participação comunitária, necessária.

ABSTRACT This paper discuss some methodological questions related to the Environmental Education development. The question of its wideness and of its place in the school curriculum and the question domestication vs. participation. We may conclude that the ecological environmental relations constitute the demarcator that includes or excludes some Environmental Education matter. The multi and interdisciplinary focus seems to be the most adequate and the community participation necessary.

A crise que perpassa o mundo contemporâneo está levando a humanidade a um “ponto de mutação”, cujo resultado não poderá ser outro senão o da transformação profunda de toda a nossa sociedade e cultura.



A base para esta transformação é a visão sistêmica da vida, a idéia de entrelaçamento, de integração, de holismo ou totalidade (Cf. Capra, 1987). Na verdade, com o futuro ameaçado e em busca de um desenvolvimento sustentável que satisfaça as demandas do presente sem prejudicar as necessidades do futuro, os desafios tornam-se comuns e a defesa do meio ambiente, que, apesar das lutas das últimas décadas, continua sendo velozmente degradado, transforma-se numa tarefa urgente que compete a cada cidadão (Cf. Comissão Brundtland, 1988).

É nesse contexto que a educação ambiental, nos termos em que vem sendo definida em nosso meio e alhures (Cf., por exemplo, Tanner, 1978; SEMA, 1977; Krasilchick, 1986; Schmieder, 1977; Seara Filho, 1987), assume papel de capital importância para dirimir o conflito estabelecido no relacionamento do homem com a natureza e para fazê-lo, o homem, viver em harmonia com ela, como parte integrante dela de quem é reflexo e a quem modifica, humanizando-a.

Esta necessidade de que se crie uma nova consciência ecológica e se desenvolva uma nova postura ética perante a natureza foi muito bem entendida recentemente pelos nossos constituintes, quando inseriram na Constituição Federal de 1988 a obrigatoriedade da educação ambiental em todos os níveis de ensino.

Certamente a preocupação com o meio ambiente no Brasil e a necessidade da educação ambiental do brasileiro não surgiram em 1988. Os constituintes legisladores, na verdade, assumiram aquilo que já estava presente na realidade brasileira. De fato, alguns políticos, ambientalistas e educadores já se preocupavam com a questão, até mesmo no período do chamado “milagre econômico brasileiro”, quando a poluição era, desgrazadamente, considerada como progresso (Cf. Viola, 1987; Krasilchick, 1986).

* Licenciado em filosofia. Mestre em Teologia e Doutor em Psicologia. Secretário Executivo substituto do Conselho Estadual do Meio Ambiente.

Hoje, se bem que nossa produção teórica sobre o assunto seja escassa e se baseie quase sempre em pesquisas e estudos estrangeiros, propostas de educação ambiental são apresentadas nos muitos encontros e seminários realizados nos últimos anos nos mais variados pontos do país, programas pioneiros são desenvolvidos em escolas e fora delas, material paradidático e didático, ainda que em pequena escala, é produzido para subsidiar a ação de professores e de outros agentes sociais.

É aqui que se encaixa a contribuição deste trabalho. Há, sabidamente, aspectos metodológicos gerais relativos ao ensino, como saber do nível de conhecimentos porventura já adquiridos pelo educando, seu estilo habitual de trabalho, a dimensão da classe no caso da educação formal, os instrumentos disponíveis e também a formação do próprio educador e a situação da escola como tal. Todos estes fatores são muito importantes na situação ensino-aprendizagem. Sabe-se mais ainda que, relativamente à educação ambiental, não se chegou até agora a um sistema classificatório dos vários métodos possíveis (até porque talvez eles sejam tantos quantos são os professores). Não obstante, é mister ter presente algumas questões metodológicas específicas ao se formularem propostas de educação ambiental, tanto no campo da educação formal quanto no da informal.

Em seguida, de modo sucinto — pois que não se pretende exaurir o assunto neste espaço —, estas questões serão apresentadas realmente como questões, isto é, muito mais como perguntas do que como definições, pois se trata de aspectos metodológicos para os quais muitos estudos e experiências ainda serão necessários, até que as dúvidas inerentes a alguns deles sejam desfeitas e eventualmente se chegue a um consenso. O intuito é apenas acentuar alguns aspectos relevantes do enfoque educativo destinado a desenvolver nos educandos a consciência ambiental.

Três questões, entre outras, parecem importantes, a saber, a amplitude da educação ambiental, seu lugar no currículo e a questão da participação comunitária.

Amplitude da educação ambiental

A educação, entendida como processo pedagógico que orienta o indivíduo na expressão de suas potencialidades, conjuga uma série de meios e métodos para desenvolver no educando sobretudo sua capacidade crítica, seu espírito de iniciativa e seu senso de responsabilidade. Estes são objetivos assumidos também pela educação ambiental, com o fim de formar uma cidadania com visão objetiva do funcionamento da sociedade, motivada para a vida coletiva e consciente de que a qualidade de vida das gerações futuras depende das escolhas que o cidadão fizer em sua própria vida. Qual seria, então, a amplitude da educação ambiental, para realizar estes objetivos? Quais assuntos ou conceitos deveriam ser objeto deste tipo de educação, ou em outras palavras, o que diferencia a educação ambiental da educação geral? Há fronteiras que a delimitem?

Certamente a matéria-prima da educação ambiental está em toda parte, pois o meio ambiente compreende um sem-número de relações físicas, químicas, biológicas, econômicas e sócio-culturais que interferem no equilíbrio dinâmico da natureza, sobretudo através da pressão que sobre ele exerce o homem. Nem por isso a educação ambiental deve transformar-se em panacéia para todos os problemas, risco que se corre nestes tempos em que a preocupação com o meio ambiente se tornou muito aguda e generalizada.

Schmieder (1977, p. 29) elenca seis noções básicas, necessárias para se levar a população mundial a tomar cons-

ciência de sua interação com o meio ambiente e gerenciar corretamente essa interação:

1º) os conceitos de “ecosfera” e de “ecossistemas” dentro dos quais todos os seres vivos mantêm relações de interdependência, quer entre si quer com seu meio físico;

2º) a idéia de ciclo da matéria dentro dos ecossistemas e entre os ecossistemas com a idéia correlata de degradação de energia que acontece em cada transformação, o que impõe que se tente evitar a contaminação dos ciclos bioquímicos e o dispêndio desnecessário de energia;

3º) o conceito de estabilidade relativa do número de indivíduos de cada espécie que compõe a população ou capacidade biogênica dos ecossistemas para suportar um determinado número de cada uma de suas espécies. A menos que o sistema se altere significativamente, essa estabilidade é constante;

4º) o fato de que o homem é parte integrante dos ecossistemas terrestres e deles depende para sobreviver, mas também é a espécie que mais pode alterá-los;

5º) a constatação de que o homem pode interferir rápida e profundamente no seio da natureza, acarretando mudanças que podem ser irreversíveis. A tecnologia pode ser empregada em benefício mas também em detrimento dos ecossistemas; e

6º) a responsabilidade ética e moral que tem o homem de harmonizar as atividades humanas com os processos naturais dos ecossistemas globais, sob pena de colocar em risco sua própria sobrevivência.

Esta parece ser a linha de demarcação entre a educação geral e a educação ambiental, a saber, a ênfase no relacionamento do homem com o meio ambiente global do qual é parte integrante. Estes conceitos norteiam, na verdade, a amplitude da educação ambiental.

Dentro deste quadro de referência, parece ficar mais fácil decidir sobre o que pode ser objeto da educação ambiental, sem correr-se o risco de aplicar tal rótulo a qualquer tipo de atividade, simplesmente porque o rótulo está na moda. Na expressão de Tanner, o que faz que um assunto qualquer entre no quadro da educação ambiental são as “ligações ecológico-ambientais” que se possam af entrever. Ou, como diz textualmente, “a educação ambiental lida basicamente com as relações homem-Terra. Ela lida com relações homem-homem apenas na medida em que estas afetem, ou sejam afetadas por relações homem-Terra” (Tanner, 1978, p.41).

Isto significa dizer que um assunto ou uma atividade qualquer, a construção de estradas por exemplo, passam a ser preocupação da educação ambiental, não em primeiro lugar porque ela estreita o caminho entre as pessoas, mas porque pode causar impacto no meio ambiente. Qualquer assunto, por conseguinte (e com isto — que se desculpe a repetição — está-se dizendo que a amplitude da educação ambiental é realmente ampla), pode ser objeto da educação ambiental, desde que o educador experimentado consiga fazer ver ao seu público ou aos seus alunos que ele encerra alguma ligação ecológico-ambiental. O que delimita a amplitude da educação ambiental, portanto, é a ligação ecológico-ambiental que um determinado assunto possa ter. E esta demarcação é importante para se evitar que a educação ambiental desemboque num mar de insignificâncias. Isto vale tanto para a educação formal quanto para a informal.

Lugar da Educação Ambiental no Currículo Escolar

No que se refere à educação formal, embora para um bom número de interessados no assunto seja consensual

que a educação ambiental não deva ser objeto de preocupação de uma única disciplina, a questão está longe de ser resolvida. Vereadores propõem aqui e acolá a criação de uma disciplina de ecologia; recentemente, congressistas apresentaram projetos de leis em que a implantação da educação ambiental nas escolas era prevista como disciplina e, se bem que o anteprojeto da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional encaminhado ao Congresso Nacional pelo Ministério da Educação tenha rejeitado uma tal idéia, a lei ainda não foi votada; algumas escolas, por sua vez, fazem a tentativa de utilizar a disciplina de ciência ou de biologia com esta finalidade, ao passo que outras, mesmo a título provisório, instituíram a disciplina de educação ambiental.

A questão não é simples. Enquanto a atividade escolar estiver confinada nas quatro paredes da sala de aula, onde fala em geral o professor e os alunos ouvem, a introdução de uma nova disciplina com o nome de educação ambiental, por melhores que sejam as intenções, transformar-se-á, como disse a Prof^a. Krasilchick da USP no Simpósio sobre educação ambiental no Instituto de Pesca de São Paulo, em 1986, em "um negócio em que alguém dá informações para os alunos e onde se perde a essência da educação ambiental, que é troca de idéias, é formação de novas idéias, é discussão, é crítica". Isto é, em educação ambiental não se trata apenas de transmitir informações, mas de processá-las, discuti-las de maneira aberta, de analisá-las e usá-las em atividades relacionadas com a preservação ou restauração do Meio Ambiente. Na atual situação da escola brasileira, porém, fica-se diante de um dilema; se a educação ambiental for concebida como disciplina, transforma-se em monólogo informativo de um único professor; se for um programa, não encontra lugar no currículo.

Mas a questão principal parece ir além dessas considerações, pois foi a própria compartimentação do conhecimento, causada pela dificuldade que tem o homem de, com um único ato intelectual, apreender toda a realidade, que nos levou à fragmentação do ensino. Neste quadro, a formação dos professores entrou no campo das especializações, uma dificuldade a mais na tentativa de se desenvolver uma visão integradora da realidade.

Ora, o meio ambiente é um desses argumentos que, pela sua abrangência, jamais se deixa conter numa única disciplina. Estrategicamente, para se evitar a idéia de despedaçamento do mundo e se resgatar a idéia de entrelaçamento, integração, unidade e totalidade, parece conveniente que o professor de educação ambiental seja considerado mais como um coordenador de recursos e um consultor à disposição das várias disciplinas do que como um encarregado direto do ensino na sala de aula. Isto caberia a todos os professores de todas as disciplinas. E a razão básica para que todas as matérias do currículo tratem da questão ambiental deriva da necessidade de se pensar ecologicamente, ou seja, sistematicamente, olhando a longo prazo e de forma global.

Na realidade, é a necessidade de se olhar o mundo com visão sistêmica, é a abrangência e a urgência da questão ambiental que nos impõem a ética da integração e da cooperação pautada no valor universal da sobrevivência do homem e do Planeta. É mais provável que esta ética ambiental, que deve permear toda a cultura, seja desenvolvida por um projeto educativo de conjunto com o concurso de todas as disciplinas do que com uma ou outra disciplina de "ambiente" ou "ecologia". E por isto se afirma, nem sempre conscientes do que isto significa, que a educação ambiental é uma tarefa multidisciplinar e requer um enfoque interdisciplinar.

Afirmar que a educação ambiental é uma tarefa multidisciplinar significa dizer, como já deve ter ficado claro de tudo que se escreveu até aqui, que seja na matemática ou na música, seja na educação física ou na língua portuguesa, todas as atividades escolares ou todas as disciplinas podem concorrer para estudar a questão e promover a formação da consciência ecológica. Este, indubitavelmente, já é um passo importante na corrida contra o tempo para se defender o meio ambiente. Mais importante do que isto, no entanto, é a abordagem interdisciplinar — ou a interdisciplinaridade — tão decantada mas não muito fácil de ser praticada, pois supõe a decisão intencional de se estabelecerem nexos e de se descobrirem os vínculos existentes entre as várias disciplinas. Para especialistas habituados com compartimentação do conhecimento científico, esta não é uma tarefa fácil. Ela é importante, contudo, para se resgatar a idéia de entrelaçamento, de interligação de todas as partes do meio ambiente em um sistema; para que a abordagem do meio ambiente possa incluir todas as variáveis, históricas, políticas, econômicas, sócio-culturais etc., necessárias para se compreender e administrar adequadamente a relação dinâmica do homem com o meio, com o fim de se melhorar a sorte da humanidade. Como diz muito bem Coimbra (1985, p. 178), "numa ação interdisciplinar as partes envolvidas dão-se as mãos; movimentam-se juntas como num balé, voltadas para o tema central. Aproximam-se, afastam-se; interpelam-se; respondem-se; ora se exhibe o solista, ora se impõe o coro". O essencial é se produzir uma ação comum, no caso, o conjunto de atos pedagógicos necessários para se desenvolver a consciência ambiental do educando, sem que nenhum participante — as várias disciplinas — negue o que lhe é próprio. Parece, portanto, que o lugar da educação ambiental no currículo deva estar em todas as disciplinas, dentro de um enfoque interdisciplinar.

Concretamente, as disciplinas isoladas poderiam transformar-se em campos de saber mais vastos, procurando agrupar-se em torno de temas comuns em módulos pluridisciplinares. Os eixos temáticos referenciados pelo cotidiano vivido por professores e alunos orientariam, assim, a ação pedagógica para um modelo conjunto de educação em que as disciplinas isoladas se agrupariam em torno de projetos de ação coletiva. Este modo de proceder, que certamente terá que ser testado para se verificar seus benefícios, com probabilidade muito grande teria reflexos positivos na formação do educando e na visão integrada de mundo que se deseja desenvolver.

Educação ambiental para a comunidade ou com a comunidade?

Esta é uma pergunta crucial que vale para a sala de aula, mas é de suma importância no que se refere à educação não-formal.

É muito comum ouvir-se a afirmação de que o povo precisa ser educado para o respeito ao meio ambiente, considerando-se como "povo" a grande parcela da sociedade civil que não tem ligações com o poder político, com o poder econômico e com os estratos intelectualizados da população. Em primeiro lugar, essa assertiva peca por concepção autoritária culpando a sociedade civil pela degradação ambiental; em segundo lugar, incorre naquilo que alguns autores chamam de "risco da ilusão pedagógica", a saber, de que, desenvolvendo-se programas efetivos de educação, todos os problemas de degradação ambiental seriam resolvidos; mais ainda, ela parece eivada da idéia de domesticação da sociedade, quando uma educação verda-

deiramente libertadora deveria chamá-la à participação consciente.

Ora, é simplismo culpar o povo pela degradação ambiental, quando este, na sua maior parte, por mecanismos psicológicos de identificação com os exemplos que lhe são apresentados, não faz outra coisa que imitar os modelos elaborados pelos estratos sociais dominantes. Por outro lado, ainda que a ignorância acerca dos mecanismos que regulam a natureza deva ser superada, a educação sozinha, embora um meio necessário e imprescindível, dificilmente resolveria todos os problemas ambientais. Com efeito, a educação é freqüentemente vista como mero espaço de transmissão de conhecimentos selecionados pela autoridade do educador e sistema modelador da personalidade segundo os parâmetros sociais aceitos pelas classes dominantes. A domesticação neste caso serviria apenas para manter os modelos de comportamento, sabidamente depredadores, que vimos construindo nos últimos decênios.

A questão ambiental é eminentemente política. Trata-se de administrar o presente e transacionar com o futuro. É, portanto, uma questão complexa, para cujo equacionamento a interferência de cada cidadão é requerida, desde o debate até a decisão.

Certamente, na situação de penúria em que vive a sociedade brasileira, onde as mínimas necessidades de ordem física das pessoas não podem ser satisfeitas, é provável que a carência material provoque uma distorção psíquica que condena grande parcela da população ao isolamento e ao conformismo, à sensação de que não sabe nada, não pode nada, não é nada. Nem por isso, deve-se aceitar a concepção autoritária de que o povo deve ser domesticado.

Em primeiro lugar, tem-se que fugir da idéia de que o homem seja "tábula rasa" ao nascer. Somos uma memória biológica. A natureza, nos milhões de anos de adaptação evolutiva da espécie, codificou em nós informações e potencialidades que precisam apenas do contexto pedagógico adequado para se manifestarem de forma funcional para a sobrevivência. Em segundo lugar, tem-se que fugir também da idéia absurda de que apenas os estratos intelectualizados da população têm cultura. A cultura popular é muito mais desenvolvida do que imaginam certos meios "esclarecidos" da sociedade.

Se esta avaliação é verdadeira, a educação ambiental terá de se preocupar, sim, com a transmissão e assimilação de conhecimentos adequados acerca do meio ambiente, com o desenvolvimento de valores sociais, com o estímulo para a ação responsável de cada cidadão, mas com vistas à mobilização social necessária para controlar o poder político e o poder econômico, o primeiro, muitas vezes permissivo, e o segundo, quase sempre interessado apenas no lucro a curto prazo e a qualquer preço.

Vê-se, assim, que a educação ambiental que se preconiza neste trabalho não pode ser imposta ao cidadão, como numa prática de cooptação da sociedade para que se adapte à vontade dos órgãos do Estado ou do poder econômico, mas deve realizar-se com a participação democrática da população. Não se trata, portanto, de uma educação para a comunidade, mas com a comunidade, até porque na situação ensino-aprendizagem adequadamente estruturada a pessoa é sujeito e não objeto da ação educativa.

Considerações finais

O desenvolvimento da educação ambiental dentro e fora das instituições formais de ensino envolve outras questões

metodológicas, além das já apresentadas, tais como o tipo de abordagem (positiva ou negativa), a ênfase no cognitivo (fatos, conhecimentos, conceitos) ou no afetivo (atitudes, valores) ou no psicomotor (ações, comportamentos) e a questão do enfoque apropriado para a cidade e para o meio rural, entre outras. O espaço de um artigo é pequeno para tratá-las todas, se bem que não devam ser menosprezadas.

Por enquanto, tentou-se demonstrar que a abrangência da educação ambiental é muito vasta, mas parece haver uma linha de demarcação a ser estabelecida, sob pena de ela ser transformada em panacéia cujo resultado seria sua desmoralização enquanto movimento ético e histórico de transformação do pensamento e das atitudes do homem contemporâneo. A melhor forma de se abordar a questão parece ser por meio do esforço conjunto de todas as disciplinas, num enfoque interdisciplinar que intencionalmente procure os nexos e os vínculos existentes nas várias disciplinas para que o conjunto do projeto educativo, reconhecendo a pluriformidade do mundo, resgate a idéia de entrelaçamento, de unidade e totalidade. Por último, este enfoque não deveria subestimar a cultura popular e a participação democrática de todos os estratos da sociedade — eis que toda ela deve ser reeducada. Não se despreza o conhecimento científico, mas também não se desvalorizam outras formas de conhecer e, sobretudo, se enfatiza a necessidade da participação livre de todos na construção de um mundo novo.

Referências bibliográficas

- BRANCO, S.M.; ROCHA, A.A. — *Elementos de Ciências do Ambiente*, São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1987.
- CAPRA, F. — *O Ponto de Mutação*, São Paulo, Cultrix, 1987.
- COIMBRA, J.A.A. — *O Outro Lado do Meio Ambiente*, São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1985.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO — *Nosso Futuro Comum*, Rio de Janeiro, FGV, 1988.
- DEMO P. — *Participação e Meio Ambiente — Uma proposta Preliminar*, Brasília, SEMA / MINTER, 1984.
- FREIRE, P. — *Educação como Prática da Liberdade*, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1984.
- KRASILCHIK, M. — *educação ambiental na Escola Brasileira — passado, presente e futuro*, em "Ciência e Cultura" 38 (12), p. 1958-1961, 1986.
- SCHMIEDER, A.A. — *Natureza y Principios Generales de la Educación Ambiental: Fines y Objetivos*, em UNESCO — *Tendências de la Educación Ambiental*, p. 25-38, Paris, 1977.
- SEARA FILHO, G. — *Apontamentos de Introdução à Educação Ambiental*, em "Ambiente — Revista CETESB de Tecnologia" 1 (1), p. 40-44, 1987.
- SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE — SEMA — *Educação Ambiental*, Brasília, 1977.
- TANNER, R.T. — *Educação Ambiental*, São Paulo, SUMUS/EDUSP, 1978.
- VIOLA, E.J. — *O Movimento Ecológico no Brasil (1974-1978): do ambientalismo à ecopolítica*, em "Rev. Bras. Ciências Sociais" 1 (3), p. 5-26, 1987.

Monitoramento de plantas aquáticas por satélite

Claudio Roberto Palombo¹
Marisa Dantas Bitencourt Pereira²

RESUMO O controle de infestação por macrófitas, passa necessariamente pela estimativa de sua área de ocupação. Vários métodos, entre eles os de sensoriamento remoto, podem ser aplicados, cada um com vantagens e desvantagens no que tange a custos, repetitividade e operacionalidade. As imagens obtidas por satélite oferecem, além da visão sinóptica, uma periodicidade ajustável aos objetivos e aos recursos disponíveis. Neste trabalho constatou-se que, se a infestação do corpo d'água for por *Pistia stratiotes*, é possível a obtenção de uma máscara do entorno que muito auxiliará no monitoramento do reservatório para estimar áreas de ocupação por macrófitas. Compararam-se as curvas espectrais, obtidas através das imagens, de infestações por *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*, as quais se mostraram flagrantemente distintas.

ABSTRACT In order to control macrophytes "infestation", the first step is to find out its area of occupation. There are many remote sensing techniques available to help such estimation, each one presenting its advantages and limitation regarding to accuracy, periodicity, and availability. The satellite images can offer, besides its synoptic overview, a periodicity compatible to any objective and any budget. In this work, it was found that if the weed infestation were *Pistia stratiotes*, it will be possible to obtain a mask from the image, which will help to estimate the undesirable macrophytes area of occupation. It was also compared the spectral curves, obtained from satellite images, from both *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* which was found to be quite different.

A descarga de grandes quantidades de matéria orgânica, via esgoto, em qualquer corpo hídrico receptor, acarreta, como consequência, a eutrofização. Um dos eventos posteriores é o aproveitamento dos nutrientes liberados pela decomposição dessa matéria orgânica durante o processo da autodepuração, predominantemente pelas macrófitas aquáticas flutuantes, quando presentes.



O desequilíbrio ecológico advindo deste fato, provocará a infestação de plantas aquáticas em vastas áreas da superfície livre do corpo d'água, alterando significativamente seus múltiplos usos; dentre as espécies que se adaptam e se desenvolvem vigorosamente nestas condições destacam-se o aguapé (*Eichhornia crassipes* — Mart/Solms) e a alface-d'água (*Pistia stratiotes* L.), entre outras.

As condições acima descritas são marcadamente observadas na Represa Billings, reservatórios de Rio das Pedras e Pirapora, que fazem parte do complexo hidráulico da Eletrópaulo — Eletricidade de São Paulo.

A Represa Billings, situada próxima à capital de São Paulo, na latitude de 23° 49' Sul e longitude de 46° 30' Oeste, é um corpo d'água altamente eutrofizado, pois recebe as descargas dos esgotos efluídos através do sistema hídrico Rio Tietê/Rio Pinheiros. As descargas ocorrem através do bombeamento realizado pela Usina Elevatória de Porto Pedreira, a qual retira as águas da calha do Rio Pinheiros, introduz na represa e esta, por sua vez, abastece o Reservatório de Rio das Pedras, através da barragem reguladora de Summit Control. Este reservatório descar-

1 — Biólogo da Cetesb com Mestrado em Ecologia pelo IB-USP.

2 — Docente Depto. Ecologia Geral IB-USP com Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações pelo INPE-São José dos Campos — SP.

rega suas águas na Usina Elétrica de Henry Borden, que fornece energia elétrica para a Baixada Santista.

As macrófitas aquáticas, quando atingem altas densidades, podem provocar vários problemas, dentre os quais fornecer habitat ideal para o desenvolvimento de diversos organismos, muitos dos quais indesejáveis sob o ponto de vista de saúde pública, como é o caso de cobras, insetos e caramujos. Estes últimos constituem vetores para a malária, febre amarela, encefalite e esquistossomose. O sistema radicular dessas plantas fornece proteção e alimento a esses vetores que, emaranhados em suas raízes, são carregados a grandes distâncias, aumentando incrivelmente a velocidade de dispersão dessas doenças. Além disso, dificultam o fluxo das embarcações, proporcionam, através da alta taxa de evapotranspiração e absorção, grande perda d'água para a irrigação e geração de energia elétrica, desvalorizam os bens imóveis e diminuem a vida útil das águas pelo aumento dos detritos orgânicos e acúmulo de nutrientes.

Um dos aspectos mais importantes para um controle efetivo de macrófitas aquáticas é a possibilidade de se realizar uma estimativa precisa sobre os níveis de infestação num determinado corpo d'água, pois estes dados determinarão a montagem do cronograma de combate a essas hidrófitas, no qual estão envolvidos enormes custos financeiros.

Vários métodos podem ser empregados para se obter a área ocupada por essas plantas. Este trabalho compara o comportamento espectral das duas espécies mais abundantes, que são aguapé e alface-d'água, e decreve um método de estimativa do nível de infestação de alface-d'água.

Aguapé

O aguapé é uma macrófita aquática pertencente à família das Pontederiaceae (Classe Monocotyledoneae), cujo gênero *Eichhornia* possui 21 espécies, sendo 5 nativas do Brasil. Seu hábito é flutuante, ereto, com folhas aéreas e raízes adventícias fibrosas e submersas, não ramificadas. O rebento tende a manter-se ereto, devido à diferença entre a gravidade específica da porção submersa, que é alta, e a dos bulbos peciolares, que é baixa.

As folhas do aguapé possuem pecíolos esponjosos, ricos em tecido aerênquimatoso que possibilita a flutuação. O crescimento do rebento é monopodial, onde as folhas são produzidas num verticilo, enquanto a ramificação é simpodial, através de estolões, resultantes do alongamento de internós, que originam vegetativamente nas plantas, chegando a formar grupos de 10 a 15 indivíduos.

A característica do aguapé possuir pecíolos intumescidos que permitem a flutuação, associada à morfologia das folhas que funcionam como "velas", possibilitando às plantas serem impulsionadas pelo vento, até mesmo em sentido contrário à correnteza, constituem a principal razão para a alta taxa de proliferação apresentada por esta espécie.

Atualmente, a distribuição do aguapé depende da influência humana, que tem sido apontada como principal agente de dispersão desta espécie por todo o mundo. Na América do Sul, é amplamente distribuído na Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai, Bolívia, Equador, Colômbia, Chile, Guiana, Suriname e Venezuela. Hoje o aguapé é distribuído nos trópicos e subtropicais entre os paralelos 38° N e 38° S, ocorrendo em lagos de água doce, lagoas, tanques, diques, reservatórios, rios, canais de irrigação, charcos, e outros.

Devido aos enormes problemas causados pela presença do aguapé, necessita-se periodicamente controlá-lo a níveis que não interfiram com os múltiplos usos da água. Os

métodos utilizados são: a) químico, através do uso de produtos herbicidas, onde o mais comum é o 2,4-D (2,4 diclorofenoxiacético); b) mecânico, através de equipamentos que colhem ou esmaltam a planta; e c) biológico, através da introdução de um predador (inseto) e/ou de um parasita (fungo patógeno).

Alface-d'água

A espécie *Pistia stratiotes*/L. (alface-d'água ou erva-de-Santa-Luzia), pertencente à família Araceae (Classe Monocotyledoneae), assemelha-se a um pé-de-alface aberto, de onde advém um de seus nomes vulgares; é uma planta estolonífera, hidrófila, livre-flutuante, perene, que ocorre em água doce, nos trópicos do Velho e Novo Mundo.

Pistia stratiotes é uma planta esponjosa, constituída por uma roseta em forma de concha, com folhas verde-amareladas claras; da porção central sai um tufo de raízes imersas fibrosas, não ramificadas chegando até 40 cm de comprimento; as folhas que são levemente pubescentes em ambas as faces, estão arranjadas em espiral ao redor de um eixo central, podendo medir de 10 a 20cm, além de possuir diversas nervuras distintas, irradiando-se da base para o ápice, sendo mais visível na face abaxial; as plantas são interligadas através de estolões.

A alface-d'água parece desenvolver-se melhor em águas paradas ou áreas de fluxo mínimo, crescendo principalmente como livre-natante, porém, pode sobreviver semi-enraizada por longos períodos.

Os problemas causados pela presença da alface-d'água são inúmeros, dentre os quais pode-se citar: uma ameaça para as culturas de arroz, reduzem a navegabilidade, dificultam a atividade da pesca, criam condições de habitat adequado para a proliferação de mosquitos, impedem a penetração da radiação solar, não permitem a reaeração da água, além de prejudicar a fotossíntese na zona eufótica da camada líquida e servem de abrigo para microrganismos patógenos.

O combate desta hidrófita também pode ser empreendido sob a forma de controle químico, através da utilização de produtos herbicidas; outro método que pode ser empregado é o biológico, através da dispersão de predadores (insetos) e/ou parasitas (fungos patógenos).

A alface-d'água é utilizada como planta medicinal desde o ano 27 a.C., no Egito, além da Nigéria e China. Por muitos séculos na Ásia, também foi empregada no tratamento de inflamações na pele, e atualmente é empregada contra inflamações urinárias no Pantanal do Mato Grosso.

Utilização de imagens de satélite na detecção e no monitoramento destas macrófitas aquáticas em reservatórios

Fundamentos teóricos

Sensoriamento remoto é a maneira de estudar um determinado alvo da superfície da Terra sem contato físico com o mesmo, baseando-se somente na interação do alvo com a radiação eletromagnética (REM). Conforme o alvo e a faixa do espectro, a interação pode diferir profundamente (Gates, 1965; Pereira, 1986; e Sausen e Pereira, 1986).

O sistema Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite LANDSAT-5, apresenta sete faixas espectrais, sendo três do visível, infravermelho próximo, médio e termal.

As faixas mais comumente utilizadas para sensoriamento remoto de vegetação sobre água estão dentro do visível ou VIS (400 a 700 nm) e o infravermelho próximo ou IVP (700 a 1100 nm).

Neste trabalho serão utilizadas imagens do TM-2 ou verde (520 a 600 nm), TM-3 ou vermelho (630 a 690 nm) e TM-4 ou infravermelho próximo (760 a 900 nm), em duas datas (19.06.1986 e 14.08.1989).

Comportamento espectral da vegetação

Ao entrar em contacto com a vegetação fotossinteticamente ativa a REM tem o seguinte comportamento:

a) absorve fortemente no azul (B), no vermelho (R) e no infravermelho médio (IVM), graças à presença de pigmentos (B e R) e de água (IVM). Em outras palavras, quanto mais clorofila e/ou água, mais baixa a reflectância nestas faixas.

b) reflete fortemente no infravermelho próximo (IVP), graças à estrutura do mesófilo das folhas verdes e vivas. Em outras palavras, quanto maior o número de folhas mais alta a reflectância nesta faixa.

Este comportamento espectral antagônico levou muitos pesquisadores a propor modelos matemáticos capazes de indicar a densidade da fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por área. É importante salientar que a imagem obtida por satélite é resultado da energia refletida pelos alvos da superfície, em cada faixa, e que no caso da vegetação a resposta espectral se deve única e exclusivamente à interação da REM com as folhas vivas. Sabe-se, também, que há uma diferença sensível entre as respostas espectrais de uma folha jovem e uma folha madura, resultantes das diferentes concentrações de pigmentos e de conteúdo de água.

Comportamento espectral da água

Ao entrar em contato com a água, a REM é sempre muito absorvida desde o visível (VIS) até o IVP e IVM. Contudo, observa-se um aumento da energia refletida quando há materiais em suspensão ou flutuantes.

Estes materiais podem ser fitoplâncton, partículas minerais ou vegetação flutuante (macrófitas aquáticas).

Apresentação e adequação dos dados espectrais

As imagens de satélite constituem-se de matrizes em cujas celas encontram-se números digitais ou ND que variam de 0 a 255. Estes números digitais crescem com a reflectância proveniente dos diversos alvos que compõem a superfície da Terra.

Importante lembrar que reflectância zero corresponde a ND = zero e que o máximo de reflectância apresenta ND = 255.

Quando se trabalha com imagens de datas distintas, é imprescindível que se faça uma correção para compensar o efeito do ângulo de elevação solar que está embutida no ND.

Para se atenuar este efeito, é necessário que se obtenha um fator (F), para cada data diferente, que pode ser definido da seguinte maneira (Richardson et alii, 1982):

$$F = \frac{\text{seno do ângulo de elevação solar médio}}{\text{seno do ângulo de elevação solar da imagem}}$$

Além dos tratamentos de imagens que visam corrigir efeitos indesejáveis, tais como o anteriormente descrito, existem manipulações de imagens individuais, que permitem análises quantitativas.

Dentre estas, existe o fatiamento dos NDs em classes a partir de imagens individuais. Este recurso permite que se faça uma discriminação precisa de cada nível de ener-

gia. Pode-se fatiar os NDs um a um ou em intervalos que caracterize um fenômeno de campo previamente compreendido.

Outra vantagem deste tratamento é a possibilidade de se examinar a ocorrência de cada ND registrado na imagem, sua proporção em relação aos demais, assim como a área que estes níveis de energia ocupam.

Outras manipulações de imagens que podem ser úteis são as combinações matemáticas de duas ou mais imagens, lineares ou não, que geram novas imagens não mais de ND, mas sim de índices ou números puros. Estes índices devem indicar um parâmetro de campo capaz de ser caracterizado espectralmente.

O índice mais testado até o momento é o de vegetação que relaciona dados espectrais devidos à presença de clorofila e à estrutura do mesófilo das folhas fotossinteticamente ativas.

Por ser o índice mais simples, por ter apresentado o melhor desempenho e por ter sido bem aceito pela comunidade científica, o índice de vegetação que faz parte do SITIM do DEG-IB-USP é o de diferença normalizada ou IV. Este índice foi desenvolvido por Rouse et alii (1973) e sofreu algumas modificações para poder ser incluído no software do SITIM.

O índice originalmente relacionava os NDs do TM-3 (R) e TM-4 (IVP) da seguinte maneira:

$$IV = \frac{TM-4 - TM-3}{TM-4 + TM-3}$$

Entretanto, as imagens são compostas por números inteiros e, calculado pela equação acima, cada IV seria sempre menor que a unidade. Considerando que os NDs se relacionam com a radiância (L) da seguinte maneira:

$$ND = \text{Ganho } L + \text{Offset}$$

multiplicou-se um número a cada IV, de modo que não mascarasse o contraste obtido com este tratamento de imagens.

Deste modo, o IV do SITIM passou a ser:

$$IV = [(TM-4 - TM-3) / (TM-4 + TM-3) 256] + 0$$

Com o ganho igual a 256 a imagem índice fica na mesma escala das que lhe deram origem, sem o perigo de saturação, uma vez que a resposta espectral da vegetação no IVP já fica saturado quando o estrato passa de arbustivo para arbóreo (Colwell, 1974 e Knipling, 1970).

O uso de imagens índice de vegetação tem se mostrado bastante útil uma vez que coloca em destaque as informações espectrais relativas exclusivamente à vegetação fotossinteticamente ativa.

Proposta metodológica para cálculo de área ocupada por macrófitas aquáticas

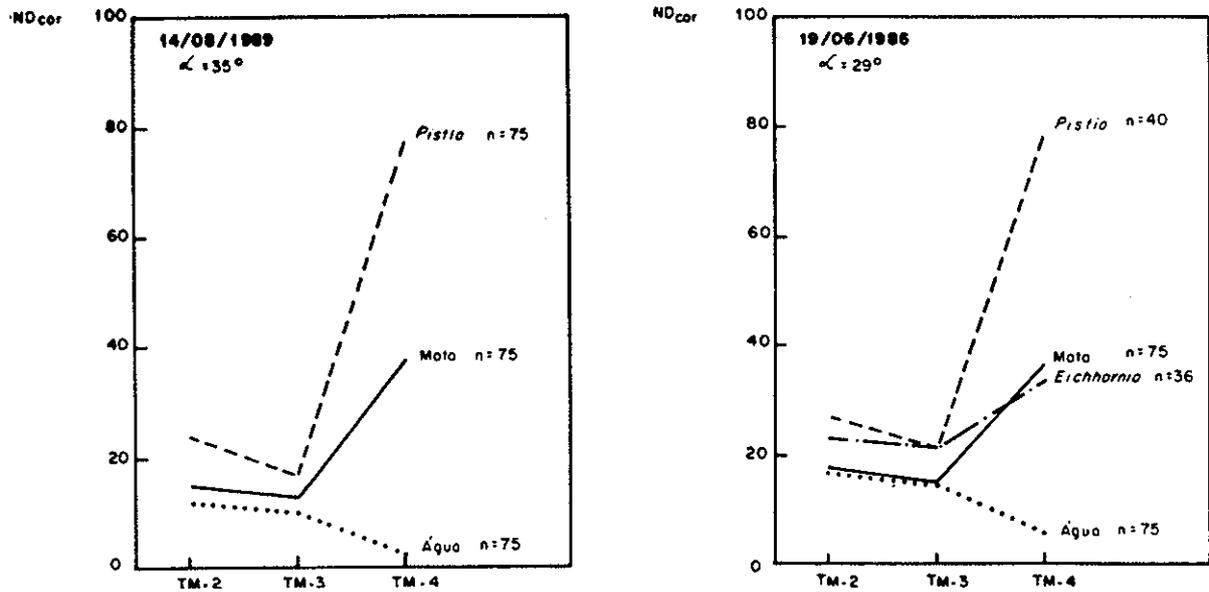
Esta proposta metodológica consiste basicamente de três etapas.

1 — Distinguir as respostas espectrais das macrófitas

Com uma composição colorida onde TM-4 recebe a cor vermelha, o TM-3 a cor verde e o TM-2 a cor azul, pode-se fazer uma análise qualitativa dos diferentes alvos compreendidos na área do reservatório em estudo.

Nesta composição, que imita uma fotografia infravermelho falsa-cor, quanto mais vermelha mais densa é a vegetação, seja ela terrestre ou flutuante.

Figura 1. Curvas espectrais de água, mata e macrófitas (*Pistia* e *Eichhornia*) de duas datas, obtidas de imagens do satélite LANDSAT-5 devidamente corrigidas em relação ao efeito do ângulo de elevação solar.



Sobre esta imagem extrai-se os NDs das três faixas (IVP, R e G, respectivamente, TM-4, TM-3 e TM-2), nos alvos de interesse, ou seja, água, mata e vegetação flutuante. Plotam-se gráficos e confere-se qual das vegetações flutuantes difere nitidamente da vegetação ribeirinha. Caso haja uma macrófita aquática bem distinta espectralmente, passa-se para a etapa seguinte.

2 — Isolar as respostas espectrais do reservatório

A partir do método de classificação por fatiamento, somam-se as respostas espectrais da água e dos alvos flutuantes na faixa do TM-4, onde a água absorve fortemente e a vegetação verde reflete moderadamente. O resultado é uma "máscara", que corresponde à área real do reservatório, que uma vez sobreposta às imagens de outras faixas, geram um produto contendo somente água + alvos flutuantes.

3 — Mapear e quantificar a área recoberta pelas macrófitas

Para melhorar o contraste, o tratamento de imagens mais prático e eficiente é a geração de uma imagem índice de vegetação utilizando as imagens do TM-3 e TM-4 correspondentes somente ao corpo d'água, ou seja, aquelas

Tabela 1 Números digitais (ND) depois de serem corrigidos em relação ao efeito do ângulo de elevação solar das duas datas, dos alvos água, mata e aguapé e alface d'água.

	Água	Mata	Aguapé	Alface d' água
<i>19-06-1986 — ângulo de elevação solar de 29°</i>				
TM-2	17	17	22	27
TM-3	14	14	21	21
TM-4	6	36	34	79
<i>14-08-1989 — ângulo de elevação solar de 35°</i>				
TM-2	12	15	—	24
TM-3	10	13	—	17
TM-4	3	38	—	78

que apresentam somente os NDs correspondentes a águas e os correspondentes aos alvos flutuantes.

Ao classificar por fatiamento a imagem índice de vegetação obtida distingue-se facilmente aquilo que é água daquilo que é vegetação fotossinteticamente ativa. Além disso, o algoritmo também fornece a área ocupada por cada classe.

Finalmente, fotografa-se o vídeo com a imagem classificada e obtém-se um decalque das duas classes estudadas.

Resultados

Análise da vegetação marginal e flutuante.

O comportamento espectral da água, da mata e das duas espécies de macrófitas aquáticas mais frequentes no complexo Billings, são apresentados na Figura 1 a, b e na Tabela 1.

Nesta figura são apresentadas as curvas espectrais médias, dos alvos mata, água e duas variedades de macrófitas emersas, em duas datas distintas. A tabela traz as etapas de tratamento dos dados espectrais extraídos das imagens em cada faixa estudada.

Apesar de estes dados serem de datas diferentes, o fato de terem sido corrigidos contra o efeito do ângulo de elevação solar nos permite comparar seus valores. Estes dados foram obtidos através da média de diferentes variedades de um mesmo alvo. No caso da água, tomaram-se amostras de diferentes locais ao longo do reservatório, de modo a se obter uma média representativa. No caso da vegetação tomaram-se amostras de diferentes coberturas vegetais do tipo densa, presentes nas margens do reservatório. No caso da vegetação flutuante, baseou-se nas informações fornecidas pelos técnicos da CETESB a respeito dos locais e dos tipos de macrófitas predominantes. A amostragem dos "pixels" foi feita isolando-se aqueles "pixels" referentes à água e evitando-se sempre os pixels de borda das ilhas de vegetação flutuante amostradas.

Como era de se esperar, observa-se uma enorme semelhança entre os mesmos alvos nas duas datas. A pequena variação que há pode ser explicada facilmente pela heterogeneidade atmosférica de um ponto para outro e a possibilidade de existir efeitos aditivos com pesos diferentes entre uma data e outra, que não foram corrigidos por falta de verdade terrestre simultânea. De qualquer modo, há

uma nítida diferenciação entre água, mata e alface d'água, embora entre aguapé e mata quase não haja diferença.

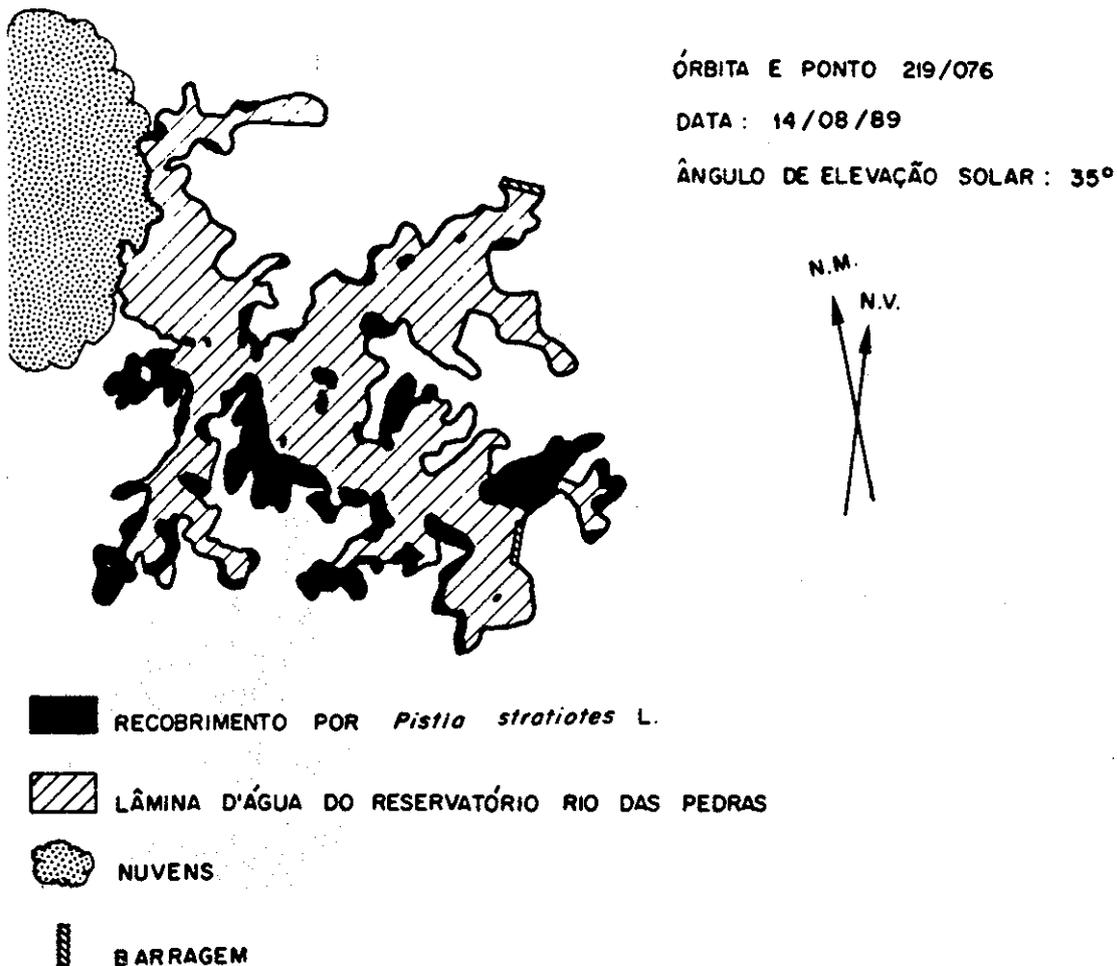
Estimativa da área ocupada pela vegetação flutuante

Uma vez confirmado o predomínio de *Pistia stratiotes* no Reservatório de Rio das Pedras na primeira semana de agosto de 1989, procedeu-se ao tratamento de imagens multiespectrais do LANDSAT-5, de 14.08.1989, para verificar a separabilidade dos principais alvos para, a partir daí, desenvolver um aplicativo.

Ao se somar os "pixels" com níveis de energia referentes à água e os referentes à hidrófita infestante, obtém-se uma classe única ou "máscara" que tem forma e área equivalentes ao reservatório. Com esta máscara, calcula-se a área da lâmina d'água, neste caso foi de 5,98 km², apesar de ter havido perda de parte da informação por conta de uma nuvem presente sobre o reservatório.

A Figura 2 apresenta um esquema da área da água + a área infestada, bem como a posição da nuvem. Segundo a ELETROPAULO, nesta data a cota média apresentava um entorno com área de 6,39 Km².

Figura 2 — Representação gráfica do Rio das Pedras em 14.08.1989, obtida a partir de imagem de satélite, onde estão indicadas as áreas ocupadas pela *Pistia stratiotes*.



A seguir, classifica-se, por fatiamento, a imagem índice e se obtém a área ocupada pela macrófita infestante que, neste caso foi de 1,05 km². Comparou-se o fatiamento do TM-4 com a imagem IV e notou-se uma melhoria sensível no produto final com o uso da imagem índice uma vez que com este algoritmo, as diferenças entre a resposta espectral no vermelho e no infravermelho próximo são nitidamente destacadas.

A comparação deste método espectral com o método planimétrico (através do uso de fotografias de helicóptero), tradicionalmente utilizado pela ELETROPAULO, mostra uma ótima correspondência entre os resultados obtidos por satélite. A diferença está na economia de tempo e dinheiro uma vez que os dados de satélite encontram-se disponíveis para quem desejar. Com imagens de satélite, é possível obter, rapidamente, com uma simples classificação por fatiamento do IV, dados precisos sobre a área ocupada por esta macrófita, além de poder reproduzi-los cartograficamente.

Conclusão

A precisão e a rapidez na obtenção dos resultados e a possibilidade de monitoramentos periódicos com custos relativamente baixos (se comparados os custos de idas ao campo e de levantamentos aéreos), justificam a utilização do sensoriamento remoto no acompanhamento, controle e combate de infestações de corpos d'água por macrófitas aquáticas, especialmente quando se trata de grandes reservatórios.

A caracterização da resposta espectral de *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes* vem sendo objeto de estudo do Laboratório de Sensoriamento Remoto do Depto. de Ecologia Geral da USP, já que estas espécies são as mais frequentes em reservatórios artificiais. Os resultados aqui apresentados referem-se somente à resposta espectral registrada pelo satélite, resta ainda a obtenção das curvas espectrais de campo e de laboratório.

BIBLIOGRAFIA

- COLWELL, J.E. (1974) Vegetation Canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment* 3 (3): 165-183.
- GATES, D.M., KEEGAN, H.J.; SCHLETER, J.C., WEIDNER, V.R. (1965) Spectral properties of plants. *Applied Optics* 4(1): 11-20 Jan.
- KNIPLING, E.B. (1970) Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. *Remote Sensing of Environm.* 1(): 155-159.
- PALOMBO, C.R. (1989) "Avaliação de propagação vegetativa de *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Pistia stratiotes* (alface d'água) em condições da Represa Billings — São Paulo". Dissertação de Mestrado, Depto. Ecologia Geral — IBUSP, defendida em 08.12.1989, com 202 p.
- PALOMBO, C.R.; BERTOLI, J.L.R. (1987) Atuação da CETESB frente aos contratos com a ELETROPAULO. CETESB-Relatório Histórico-Informativo, 31p.
- PEREIRA, M.D.B. (1986) "Correlação de fitomassa foliar de Campo Cerrado com dados espectrais obtidos pelo sistema MSS-LANDSAT e por radiometria de campo." Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos — INPE 90p. (INPE-3747-TDI-203).
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERINGS, D.W. (1973) Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *ERTS Symp.*, 3, 1973. *Proceedings*. NASA SP-351 V 1:309-317.
- SAUSEN, T.M.; PEREIRA, M.D.B. (1986) Estudo da qualidade d'água de reservatórios utilizando técnicas de sensoriamento remoto: Conceitos metodológicos. In: *Simp. Latino-Americano de Sens. Remoto*. Gramado, RS de 10-15 Ago. 1986. *Anais. INPE/SELPER/SBC Vol. 1:638-644, São José dos Campos, SP.*



A precisão de testes de toxicidade com *Daphnia*¹

Eduardo Bertoletti²
Marion G. Nipper²
Neili Peixoto Magalhães²

RESUMO Com a finalidade de avaliar a precisão analítica de testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis*, foram utilizados cinco sais de metal e sete efluentes líquidos industriais. A variabilidade intralaboratorial, expressa em coeficiente de variação (C.V.), foi de 27,3% para testes com HgCl_2 ; 21,7% com $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 10,4% com $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; e 15,4% para os testes com $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. A precisão analítica interlaboratorial foi expressa pelo C.V. de 14,4% para testes com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ e C.V. de 14,0% para os testes com efluentes industriais. Os coeficientes de variação obtidos indicam uma boa precisão dos testes de toxicidade com *Daphnia similis*, o que os torna adequados para uso rotineiro no controle de agentes químicos que serão dispostos em recursos hídricos.

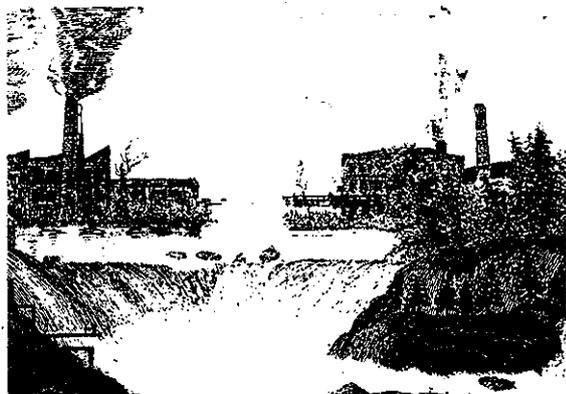
Palavras-chave: precisão analítica, coeficiente de variação, teste de toxicidade, *Daphnia similis*.

ABSTRACT Acute toxicity tests with *Daphnia similis* have been run with the objective of evaluating their analytical precision, five metal salts and seven liquid industrial effluents have been used with this purpose. The intralaboratory analytical precision, expressed as coefficient of variation (C.V.) was of 27.3% for tests with HgCl_2 , 21.7% for $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10.4% for $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and 15.4% for $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

The interlaboratory analytical precision showed C.V. of 14.4% for tests with $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ and of 14.0% for the tests with industrial effluents. These coefficients of variation values indicate a good precision of the toxicity tests with *Daphnia similis*, showing that they are adequate as routine tests for the control of chemicals to be disposed in water bodies.

Key-words: Analytical precision, coefficient of variation, toxicity tests, *Daphnia similis*.

Até meados da década de 80 as análises físico-químicas foram, predominantemente, utilizadas para caracterizar os poluentes contidos em efluentes líquidos. Em função dessa caracterização, os órgãos de controle da poluição têm exigido a adequação dos parâmetros que, eventualmente, não atendam à legislação vigente. No entanto, alguns estudos demonstraram que o atendimento aos padrões da legislação, em termos de análises físico-químicas, não é suficiente para evitar a toxicidade de um efluente líquido a organismos aquáticos (BERTOLETTI, 1990).



Assim, recentemente, os testes de toxicidade começaram a fazer parte das análises requisitadas para caracterizar um efluente líquido, sendo que tais testes são capazes de detectar os efeitos tóxicos resultantes das interações das substâncias presentes na amostra como um todo. Portanto, considerando o uso dos testes de toxicidade como instrumento necessário para as ações de controle da poluição hídrica, é importante que se conheça a precisão analítica desses testes, de modo a avaliar a variabilidade dos resultados obtidos, tanto em um determinado laboratório como entre vários outros envolvidos na execução de testes de toxicidade, evidenciando dessa forma a confiabilidade dos métodos utilizados (BERTOLETTI et alii, 1989).

No presente estudo, com o objetivo de avaliar a precisão analítica de um dos métodos normalizados no Estado

1 — Trabalho elaborado com o apoio do PROCOP, dentro de seu Programa de Assistência Técnica, Projeto Capacitação Técnica de Recursos Humanos
2 — Biólogos da CETESB

de São Paulo, utilizaram-se microcrustáceos da espécie *Daphnia similis*, que foram submetidos a testes de toxicidade aguda com diferentes agentes químicos e efluentes industriais.

Materiais e Métodos

Os testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis* foram efetuados de acordo com CETESB (1986). Nestes testes foi utilizada água de diluição reconstituída, com pH = 7,2 a 7,6 e dureza total = 40 a 48 mg/L em CaCO₃. Os resultados dos testes de toxicidade foram expressos em CE(I)50;24h, isto é, a concentração nominal do agente tóxico (substância química ou efluente industrial) que causa imobilidade a 50% dos organismos-teste, em 24 horas de exposição. A análise estatística dos dados, para a determinação da CE(I)50;24h, foi efetuada pelo método Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON et alii, 1977).

Os agentes tóxicos utilizados nas séries de testes foram: cloreto de mercúrio p.a. (HgCl₂); sulfato de cobre p.a. (CuSO₄ · 5H₂O); sulfato de níquel p.a. (NiSO₄ · 6H₂O); sulfato de zinco p.a. (ZnSO₄ · 7H₂O); dicromato de potássio p.a. (K₂Cr₂O₇); e efluentes líquidos de sete indústrias.

Os testes de toxicidade, com cada substância química, foram efetuados simultaneamente, na maioria dos casos, ou em duas ocasiões distintas no Laboratório do Setor de Ensaios Biológicos e Toxicologia (NAHE). Os testes com K₂Cr₂O₇ e efluentes industriais foram executados, simultaneamente, no Laboratório do NAHE e no Laboratório da Regional de Taubaté (CTLA), ambos da CETESB.

As soluções-estoque de K₂Cr₂O₇ foram preparadas no Laboratório do NAHE e enviadas para o CTLA, juntamente com a indicação dos volumes a serem utilizados nos testes de toxicidade. As referidas soluções foram numeradas de forma a não permitir aos técnicos executantes, de ambos os laboratórios, a identificação da substância bem como suas concentrações. As amostras de efluentes indus-

triais foram coletadas pelo CTLA, sendo que os testes de toxicidade foram realizados, no máximo, 24 horas após a coleta. As concentrações de efluentes utilizadas nos testes foram determinadas com base nos testes preliminares executados pelo CTLA.

Para o cálculo do coeficiente de variação dos resultados dos testes de toxicidade com *Daphnia similis* foi utilizada a seguinte fórmula:

$$C.V. = \frac{s \cdot 100}{\bar{X}}$$

onde:

C.V. = coeficiente de variação, em %

s = desvio-padrão dos valores de CE(I)50, em mg/L ou %

\bar{X} = média das CE(I)50;24h, em mg/L ou %

Os coeficientes de variação interlaboratorial foram obtidos pelo cálculo da média aritmética dos coeficientes determinados para cada amostra testada.

Resultados

Na Tabela 1, constam os resultados dos testes de toxicidade com *Daphnia similis*, após a exposição dessa espécie a quatro dos sais testados. A precisão analítica intralaboratorial, expressa como coeficiente de variação (C.V.), foi de 27,3% para os testes com HgCl₂; de 21,7% com CuSO₄ · 5H₂O; de 10,4% com NiSO₄ · 6H₂O e de 15,4% com ZnSO₄ · 7H₂O.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados dos testes de toxicidade com K₂Cr₂O₇, os quais forneceram um coeficiente de variação interlaboratorial de 14,4%. Da mesma forma, os resultados que constam na Tabela 3 indicam um coeficiente de variação interlaboratorial de 14,0% para os testes de toxicidade com efluentes industriais.

Tabela 1 — Resultados dos testes de toxicidade aguda a *Daphnia similis* e coeficientes de variação intralaboratorial, obtidos nas séries estudadas

Teste n°	CE(I)50;24h (em mg/L)			
	HgCl ₂	CuSO ₄ ·5H ₂ O	NiSO ₄ ·6H ₂ O	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
1	0,011	0,022	13,8	2,8
2	0,010	0,019	14,6	2,4
3	0,012	0,020	13,8	2,1
4	0,007	0,020	11,3	2,2
5	0,015	0,024	-(a)	2,4
6	0,015	0,020	-	3,1
7	0,012	0,034	-	3,2
8	0,006	0,023	-	-
\bar{X}	0,011	0,023	13,4	2,6
s	0,003	0,005	1,4	0,4
C.V.(%)	27,3	21,7	10,4	15,4

(a) — indica teste não efetuado

Tabela 2 — Resultados dos testes de toxicidade aguda com $K_2Cr_2O_7$, utilizando *Daphnia similis*, e coeficiente de variação interlaboratorial obtido

Data do Teste	CE(I)50;24h (em mg $K_2Cr_2O_7$ /L)		Coeficiente de Variação (%)
	Laboratório NAHE	Laboratório CTLA	
12.09.89	0,13	0,11	11,7
20.09.89	0,15	0,09	35,0
27.09.89	0,07	0,06	10,8
11.10.89	0,05	0,05	0
24.10.89	0,09	-(a)	-
08.11.89	0,17	-	-
Coeficiente de variação interlaboratorial = 14,4%			

(a) — indica teste não efetuado

Tabela 3 — Resultados dos testes de toxicidade aguda com efluentes industriais, utilizando *Daphnia similis*, e coeficiente de variação interlaboratorial obtido

Efluente	CE(I)50;24h (% de efluente)		Coeficiente de Variação %
	Laboratório NAHE	Laboratório CTLA	
A	6,23	7,07	8,9
B	94,0	97,6	2,7
C	I.T.(a)	97,0	N.C.(c)
D	23,8	31,3	19,2
E	17,5	14,4	13,7
F	27,6	39,8	25,6
G	N.T.(b)	I.T.	N.C.
Coeficiente de variação interlaboratorial = 14,0%			

(a) I.T. = Índícios de toxicidade aguda, isto é, baixa porcentagem de imobilidade na maior concentração testada (90%)

(b) N.T. = Não apresentou toxicidade

(c) N.C. = Não calculável

Discussão

Geralmente, os métodos analíticos possuem informações quanto ao nível de precisão e/ou exatidão dos resultados que podem ser atingidos pela sua utilização. Isto posto, é importante definir, claramente, o significado destes indicadores de qualidade analítica.

Segundo definição do "Standard Methods" (APHA, 1989), a precisão refere-se à medida do grau de concordância entre análises em réplica de uma amostra, enquanto que a exatidão diz respeito à proximidade do valor medido em relação a um valor verdadeiro.

Tendo em mente essas definições, pode-se afirmar que a exatidão dos resultados de testes de toxicidade não pode ser determinada. Isto ocorre, pois existem, normalmente, variações biológicas entre indivíduos de uma mesma espécie, fato que dificulta a identificação de erros sistemáticos inerentes ao procedimento analítico. Por exemplo, fatores do acaso não controláveis, como a sensibilidade individual

dos organismos, não possibilitam obter concentrações efetivas idênticas após vários experimentos. Conseqüentemente, não existe um valor (ou concentração) exato (ou de referência) de um agente químico que cause um efeito tóxico específico.

Assim, os resultados de testes de toxicidade com organismos aquáticos permitem estimar, apenas, a precisão do método utilizado. No presente estudo, a precisão analítica dos testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis* foi semelhante à observada por outros autores, os quais utilizaram outras espécies de cladóceros.

Com referência à precisão intralaboratorial, o coeficiente de variação de 27,3% para os testes com $HgCl_2$ (Tab. 1) está bastante próximo daquele de 23,5% verificado nos estudos de CANTON & ADÉMA (1978) com *Daphnia magna*. Para os testes com $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ obteve-se um C.V. = 21,7% (Tab. 1), que está bem próximo daquele de 26,7%, obtido por INGERSOLL & WINNER (1982), em testes de toxicidade com *Daphnia pulex*, com duração de 24 ho-

ras utilizando o cobre. Por outro lado, em estudo desenvolvido por LeBLANC (1982) constatou-se um coeficiente de variação bem mais elevado, de 52,3%, para as CE50;48h determinadas em testes com *Daphnia magna* frente ao cobre.

Outros estudos de precisão analítica intralaboratorial, executados com outras substâncias, revelam coeficientes de variação bem maiores. LEWIS & WEBER (1985), por exemplo, determinaram coeficientes que oscilaram entre 36,5% e 39,6% para dodecil sulfato de sódio; entre 32,1% e 33,5% para pentaclorofenato de sódio; e entre 45,0% e 81,8% para cádmio, para as CE50;24h de testes com *D. magna* e *D. pulex*.

Ao contrário dos estudos citados, os coeficientes de variação intralaboratorial para $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ foram baixos, de 10,4% e 15,4%, respectivamente. Esses coeficientes foram menores do que os determinados para as outras substâncias estudadas (Tab. 1), sendo possível verificar que todos os dados de precisão analítica demonstrados são menores do que 27,3%. Vale ressaltar que tais dados estão muito próximos do intervalo de coeficientes de variação (C.V. = 5% a 25%) aceitáveis para análises físico-químicas (FREDRICKSSON & ROMÁN, 1985).

Para os testes com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ e efluentes industriais (Tabs. 2 e 3), não foi calculada a variabilidade intralaboratorial, pois os testes foram executados em datas diferentes. Caso esse aspecto não fosse considerado, os coeficientes de variação expressariam valores elevados que caracterizam, além da precisão analítica inerente ao método, as variações temporais na sensibilidade dos organismos.

Com relação à precisão interlaboratorial dos testes de toxicidade com *Daphnia similis*, verifica-se, através das Tabelas 2 e 3, que independentemente dos agentes tóxicos testados os coeficientes de variação foram semelhantes, ao redor de 14,0%. Comparando o coeficiente de variação obtido nos testes com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (C.V. = 14,4%) e o determinado na Norma I.S.O. (1982), C.V. = 39%, constata-se que no presente estudo tal coeficiente foi excelente. Uma possível explicação para tal diferença seria o fato de que, na norma citada, cerca de 46 laboratórios foram envolvidos nos estudos de precisão interlaboratorial de testes com *Daphnia magna*, resultando, naturalmente, em uma maior variabilidade dos dados.

Outros autores, utilizando *Daphnia*, obtiveram coeficientes mais elevados em estudos interlaboratoriais com substâncias químicas puras. BRODERIUS (apud PELTIER & WEBER, 1985) obteve C.V. de 71% para testes com nitrato de prata e de 51% para o praguicida endosulfan, enquanto NEBEKER (1982) constatou valores de C.V. de 144% para testes com prata e de 47,5% para o mesmo praguicida. Através da análise do trabalho de CANTON & ADEMA (1978), verificaram-se coeficientes de variação de 25%, em média, para 15 substâncias com diferentes propriedades químicas, sendo que tais coeficientes variaram de 4,0% a 52,0%.

Quanto aos resultados dos testes com efluentes industriais (Tab. 3), verifica-se que os valores de CE(I)50;24h foram variáveis, caracterizando assim a toxicidade de efluentes líquidos de diferentes indústrias. Para a determinação do coeficiente e variação interlaboratorial, foram utilizados os resultados dos cinco efluentes que apresentaram valores de CE(I)50 mensuráveis, em ambos os laboratórios. Deve-se notar, no entanto, que os efluentes C e G apre-

sentaram níveis de toxicidade muito próximos, porém, não foram utilizados no cálculo estatístico.

Deve-se destacar, ainda, que o coeficiente obtido para os testes com efluentes foi menor do que os determinados em outros estudos. GROTHE & KIMERLE (1985), por exemplo, obtiveram coeficientes de variação interlaboratorial de 33% em testes com *Daphnia magna*, com 24 e 48 horas de duração, num estudo que envolveu nove laboratórios.

RUE et alii (1988), em uma revisão de 14 séries de testes de toxicidade com efluentes, utilizando *Daphnia*, determinaram um coeficiente de variação interlaboratorial inferior a 20% para 10 das séries analisadas. Em função dos resultados obtidos, os autores acima concluíram que os níveis de precisão analítica, tanto dos métodos químicos como dos testes de toxicidade, estão em uma mesma faixa de variabilidade.

Conclusões

Em suma, os resultados dos testes de toxicidade com *Daphnia similis*, utilizando substâncias de grau analítico e efluentes industriais, demonstram uma variabilidade semelhante aos testes desenvolvidos com espécies usadas em outros países. Através desse estudo foi verificado que uma boa precisão é possível de ser obtida, desde que os procedimentos analíticos sejam claramente definidos e fielmente executados. Esses aspectos tornam-se relevantes quando se pretende manter um controle de qualidade analítica dos resultados gerados, seja a nível interno de um laboratório como, também, em estudos destinados a verificar a precisão analítica de laboratórios distintos.

Em função dos resultados obtidos, no presente estudo, fica evidente que o teste de toxicidade aguda com *Daphnia* pode ser considerado um método analítico fidedigno, para o controle das emissões de agentes químicos e efluentes líquidos que, eventualmente, venham a atingir os recursos hídricos.

Referências bibliográficas

- APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 17^ª Ed. AWWA/WPCF. Washington. p.i. 1989.
- BERTOLETTI, E. Toxicidade e concentração de agentes tóxicos em efluentes industriais. *Ciência e Cultura*, 42(3/4):271-277. 1990.
- BERTOLETTI, E.; GHERARDI-GOLDSTEIN, E.; ZAGATTO, P.A. Variabilidade de testes de toxicidade com peixes. *Ambiente*, 3(1):52-58. 1989.
- CANTON, J.H. & ADEMA, D.M.M. Reproducibility of short-term and reproduction toxicity experiments with *Daphnia magna* and comparison of the sensitivity of *Daphnia magna* with *Daphnia pulex* and *Daphnia cucullata* in short-term experiments. *Hydrobiologia*, 59(2):135-140. 1978.
- CETESB. Água — Teste de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Cladocera, Crustacea). Norma Técnica n^º L5.018. São Paulo. 1986.
- FREDRICKSSON, E.W. & ROMÁN, F.J. Processamento de dados do controle de qualidade analítica de laboratórios químicos de água, *Revista DAE*, 45(143):347-351. 1985.

- GROTHER, D.R. & KIMERLE, R.A. Inter and Intralaboratory variability in *Daphnia magna* effluent toxicity test results. *Env. Toxicol. and Chem.*, 4:189-192. 1985.
- HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C. and THURSTON, R.V. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environ. Sci. Technol.*, 11(7):714-719. 1977.
- INGERSOLL, C.G. & WINNER, R.W. Effect on *Daphnia pulex* (De Geer) of daily pulse exposures to copper or cadmium. *Environ. Tox. and Chem.*, 1:321-327. 1982.
- I.S.O. (International Organization for Standardization). Water Quality — Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). *International Standard ISO 6341 — 1982 (E)*. 1982.
- LeBLANC, G.A. Laboratory investigation into development of resistance of *Daphnia magna* to environmental pollutants. *Environ. Pollution (Series A)*, 27(4):309-322. 1982.
- LEWIS, P.A. & WEBER, C.I. A study of the reliability of *Daphnia* acute toxicity tests. In: R.D. Cardwell, R. Purdy and R.C. Bahner (Eds.) *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment*. ASTM — STP 854. ASTM. Philadelphia, 1985. p. 73-86.
- NEBEKER, A.V. Evaluation of a *Daphnia magna* renewal life-cycle test method with silver and endosulfan. *Water Research*, 16(5):739-744. 1982.
- PELTIER, W.H. & WEBER, C.I. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms (3rd ed.). *U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati*. EPA/600/4-85/013. 216p. 1985.
- RUE, W.J. et alii. A review of inter and Intralaboratory effluent toxicity test method variability. In: W.J. Adams, G.A. Chapman, and W.G. Landis (Eds.) *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment*. ASTM-STP 971. ASTM. Philadelphia, 1988. p. 190-203.



O problema da poluição sob o ângulo econômico

Milo Ricardo Guazzelli *

RESUMO Sem pretensões de originalidade, este trabalho busca tão-somente apresentar ao leitor leigo, mas culto, conceitos básicos que o levem a compreender o *modus faciendi* das forças de mercado, quando essas são utilizadas como instrumento de proteção ambiental. Após conceituar equilíbrio marginal, que no contexto da estática comparativa determina a quantidade ótima de poluição, são comentadas as dificuldades de medição dos custos sociais e em seqüência a lógica subjacente às estratégias disponíveis para o controle da poluição.

O efeito da cobrança pelo uso da água, induzindo à disposição adequada de resíduos, é ilustrado sob a égide das curvas de oferta, de demanda e de custo marginal.

A principal conclusão é que as políticas ambientais que impõem um preço à poluição, auxiliam a correção de injustiças fazendo com que todos paguem os custos dos bens produzidos e consumidos.

Palavras-chave: Qualidade de água e alocação de recursos, deseconomias tecnológicas externas, taxação de efluentes.

ABSTRACT Without aiming at being original, this paper presents to the usual reader, a few basic concepts in order to assist in understanding the "modus faciendi" of market forces, when these are used as environmental protection tools. After putting forth the concept of marginal equilibrium, which in the context of comparative statics determines the optimal pollution quantity, comments are made on the difficulties of measuring social costs and, in sequence, the subjacent logic related to the available strategies to control pollution.

The effect of charging for the use of water, inducing to the adequate disposal of residues is illustrated by the supply, demand and marginal cost curves.

The main conclusion is that environmental politics, help in avoiding unfairness so that all must pay for the goods produced and consumed.

Key-words: Water quality and resource allocation, external technological diseconomies, effluent charging.

A motivação para tratar do tema intitulado foi suscitada pelo recente empenho, manifestado por alguns engenheiros do setor público de águas paulista, em introduzir na Constituição do Estado de São Paulo mais um instrumento para a gestão qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos estaduais, qual seja, a cobrança pelo uso deste bem público. Porém, é bom lembrar logo de início, que a exposição que ora se apresenta, além de ser unilateral, tem objetivo modesto. Pretende tão-somente apresentar aos não economistas que trabalham no campo do controle da poluição ambiental uns poucos conceitos econômicos úteis, pelo menos à compreensão de ambos: a problemática econômica envolvida e a análise teórica do efeito da implementação deste novo instrumento na política da gestão ambiental.



A poluição ambiental como problema econômico

Os economistas vêem a poluição como um problema de escassez. O recurso escasso, no caso, é a capacidade assimilativa ambiental. Como se sabe, o ar, a água e o solo podem absorver resíduos da atividade humana até certo ponto, sem ser afetados de modo adverso. Os problemas de poluição surgem quando a produção de resíduos pelo sistema econômico ultrapassa a capacidade de reciclagem ou diluição natural. Por outro lado, há que se ter consciência de que a maioria dos métodos de controle de poluição não elimina os resíduos, meramente os transforma.

A produção e o consumo, antes de tudo, estão sujeitos às leis da conservação da matéria. Assim, os sistemas des-

* Engenheiro da Cetesb — Mestre em Saúde Pública, pela Faculdade de Saúde Pública — USP

tinados à lavagem de gases das chaminés das fábricas convertem a poluição do ar em poluição das águas sem reduzir a carga poluidora.

A reciclagem que parece constituir uma exceção, uma vez que converte resíduos em substâncias úteis, na verdade transforma poluição material em poluição energética. A refusão de latas, por exemplo, requer grande quantidade de energia e o uso dessa energia produz resíduo térmico. Apesar disso, a transformação dos resíduos de uma forma para outra pode possibilitar um melhor uso da capacidade assimilativa ambiental e por este motivo é plenamente justificável.

As barganhas e o princípio marginal

Algumas vezes a poluição pode ser reduzida pela substituição de um produto por outro, ou produzindo-se menor quantidade de bens materiais e mais serviços.

Pode-se ainda reduzir a poluição renunciando-se aos produtos comercializáveis em favor de mais lazer e desfrute direto da natureza mediante a recreação ao ar livre. Todas essas barganhas envolvem grande número de decisões e, para tomá-lo, há que se ter um padrão de comparação. Os economistas utilizam o princípio do marginalismo para este fim.

Considere-se, por exemplo, a decisão relativa à quantidade de poluição que deverá ser tolerada.

Esta decisão requer que se encontre o equilíbrio entre duas margens. A primeira é o custo marginal social da poluição, qual seja, o custo total para todos os indivíduos da sociedade de uma unidade adicional de poluição. Para a maioria dos tipos de poluição é provável que o custo marginal social da poluição aumente, com aumento da quantidade de poluição. Um gráfico deste custo marginal deveria ter uma forma tal qual a apresentada na *Figura 1*. Note-se que, para baixos níveis de poluição, dentro da capacidade assimilativa natural do meio ambiente, o custo marginal social pode ser zero. À medida que a quantidade de poluição aumenta, este custo tende a aumentar.

A segunda margem é o custo marginal de abatimento da poluição. Este nada mais é do que o custo de reduzir

Figura 1 — O custo marginal social da poluição

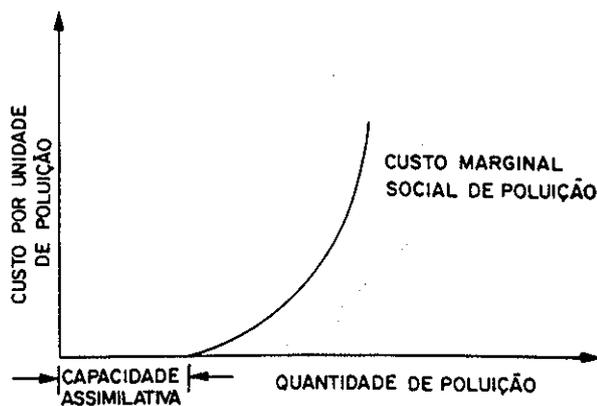


Figura 2 — O custo marginal do abatimento da poluição

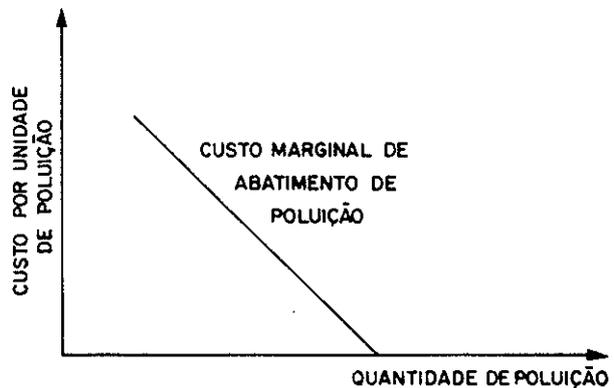
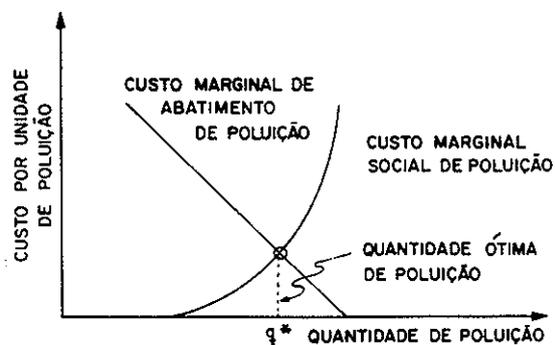


Figura 3 — A quantidade ótima de poluição



a poluição de um dado tipo, de uma unidade. Todos os outros elementos permanecendo inalterados, o custo marginal de abatimento da poluição tende a aumentar, à medida que a porcentagem da poluição total eliminada aumenta.

As curvas de custo marginal de abatimento de poluição apresentam, conseqüentemente, declividade negativa, como a mostrada na *Figura 2*.

Na *Figura 3* estão representadas ambas as curvas, a de custo marginal social de poluição e a de custo marginal de abatimento de poluição.

O ponto onde o custo marginal de abatimento é igual ao custo marginal social de poluição define a quantidade ótima de poluição. Poluição em excesso dessa quantidade representa uma má alocação de recursos. Caso em que o dano causado por poluição adicional excede o custo de eliminá-la. Por outro lado, abatimento excessivo, que significa operar à esquerda do ponto de equilíbrio, também representa um desperdício, uma vez que provoca uma redução desnecessária no bem-estar. Quando for este o caso, pode-se barganhar uma pequena redução na qualidade ambiental por um aumento relativamente grande na produção de bens materiais.

Os problemas de medição

A análise marginal oferece um padrão teórico simples para o controle da poluição, apesar das dificuldades de aplicação prática.

Os problemas de medição surgem, especialmente, quando se trata de medir os custos sociais. As tentativas que têm sido feitas geralmente se concentram em itens tais como o dano à propriedade, custo da saúde, medido em termos de despesas médicas e do tempo de trabalho perdido, e o valor da vida silvestre e plantações destruídas. As estimativas reais desses custos apresentam muitos defeitos. Além dos dados de custos da poluição serem esporádicos, há vazios que carecem ser preenchidos por puras suposições. Por outro lado, é difícil contabilizar custos claramente subjetivos.

Dentre esses, estão incluídos os agravos às sensibilidades estéticas e os desconfortos, que na realidade não resultam em danos à saúde. Contudo, esses custos subjetivos têm um valor econômico assaz real. O fato de muitas pessoas gastarem o dinheiro arduamente ganho para evitar os efeitos da poluição, abandonando áreas poluídas, prova a realidade de tais custos.

As estimativas de custo social da poluição raramente fornecem algo mais do que cifras médias. Todavia, são os dados dos custos marginais, muito mais difíceis de obter, que são relevantes quando se trata de decisões políticas.

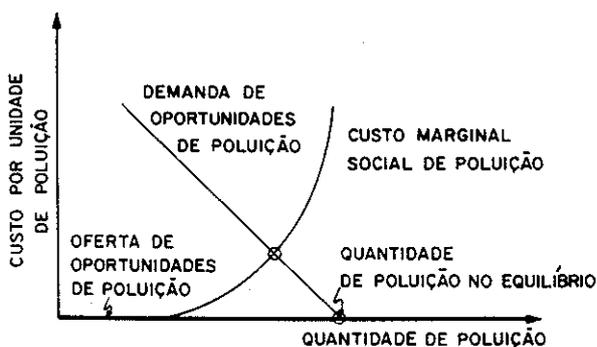
Para a estimativa dos custos de abatimento da poluição também há problemas. Um problema importante é que os cálculos desses custos devem levar em conta não só os custos diretos de se livrar de uma forma de poluição, mas também os custos sociais de quaisquer diferentes formas de poluição produzidas como resultado.

Estratégias para o controle da poluição

O controle da poluição pode ser focado como um problema de política econômica e assim sendo pode-se recorrer às curvas de oferta e demanda para explicar como este problema surge.

Na *Figura 4* mostra-se, novamente, a curva do custo marginal de abatimento de poluição, porém nomeada curva de demanda de oportunidades de poluição. Na mesma figura representa-se a curva de oferta de oportunidades de poluição por uma linha reta assentada, precisamente, ao longo do eixo horizontal. Esta indica que oportunidades ilimitadas de poluição se encontram disponíveis sem se pagar absolutamente nada. A quantidade de poluição correspondente ao equilíbrio entre a oferta e a demanda é definida pelo ponto de interseção dessas curvas. A menos que o custo social da poluição fosse nulo, que não é o caso, o equilíbrio não acontece onde seria desejável. Esta situação pode ser evitada de duas maneiras.

Figura 4 — Oferta e demanda de oportunidades de poluição



A primeira demanda a instituição de uma repartição pública com autoridade suficiente para controlar a poluição. Neste âmbito, algumas vezes, os agentes do governo simplesmente estabelecem uma quantidade máxima de poluição permitida a cada fonte, deixando ao poluidor a escolha do método de abatimento. Outras vezes, os agentes do poder público especificam os procedimentos de abatimento de poluição que devem ser seguidos.

Um enfoque de regulamentação, como este, tem por efeito racionar as oportunidades de poluição prevenindo assim o sistema econômico de atingir um equilíbrio indesejável, que importa uma grande quantidade de poluição, como o representado na *Figura 4*.

Apesar do tratamento acima ter se mostrado eficiente em muitos casos, os economistas freqüentemente nele encontram falhas. Em primeiro lugar, devido aos regulamentos poderem ser escritos de modo tão rígido, que não dão aos poluidores quaisquer incentivos para pesquisar métodos de depuração de mínimo custo. Depois, porque a regulamentação nem sempre assegura que o fardo da purificação será eficientemente alocado entre as diversas fontes de poluição.

Aqueles que criticam o enfoque regulador têm sugerido alternativas estratégicas para o controle da poluição que utilizam, mais diretamente, a oferta e a demanda.

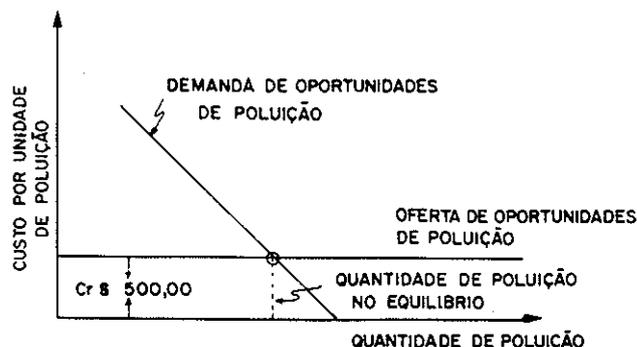
A cobrança pela concessão de uso de um dado bem público para a acomodação de resíduos, constitui uma estratégia alternativa de controle da poluição que funciona promovendo o deslocamento da curva de oferta. Um modo de implementar tal estratégia é estabelecer uma quantia fixa por unidade de resíduo de um dado tipo.

A título de exemplo, considere-se uma taxa imposta sobre as versões de matéria orgânica nos cursos d'água, medidas pela Demanda Bioquímica de Oxigênio, $DBO_{5,20}$. Suponha-se que todas as fontes cuja poluição é passível de ser aquilatada pela $DBO_{5,20}$ fossem obrigadas a pagar uma taxa de Cr\$ 500,00/t x dia, vertida no curso d'água. A *Figura 5* apresenta o efeito de tal taxação.

A cobrança imposta desloca a curva de oferta de oportunidades de poluição de sua posição coincidente com o eixo horizontal, para uma posição Cr\$ 500,00 mais elevada. Assim, os poluidores reagem à taxação movendo-se ao longo de sua curva de demanda para uma nova posição de equilíbrio onde a correspondente quantidade de poluição é menor.

Agrão deste modo porque a quantia correspondente à taxa pode ser utilizada na adoção de métodos de abatimento de poluição capazes de remover uma tonelada de $DBO_{5,20}$ do efluente líquido por Cr\$ 500,00 ou menos.

Figura 5 — O efeito da cobrança pelo uso da água para a acomodação de resíduos líquidos



Aumentando-se ou diminuindo-se o valor da taxa pode-se atingir qualquer grau de controle de poluição desejado. Idealmente, a taxa deveria ser instituída de forma tal que a curva de oferta de oportunidades de poluição passasse exatamente na interseção das curvas de custo marginal de abastecimento social. Esta situação ideal é representada na **Figura 6**.

Infelizmente, não há uma maneira fácil de se determinar exatamente onde se encontra esta interseção e conseqüentemente qual deveria ser a taxa a ser cobrada. A agência responsável pela fixação da taxa se defronta novamente com as dificuldades de mensuração anteriormente mencionadas.

Objecções à cobrança pela concessão de uso de um recurso natural para a acomodação de resíduos

As objeções relativas à cobrança de taxas derivam principalmente de três agentes: indústria, consumidores e ambientalistas. Os industriais algumas vezes alegam que se trata de um "duplo encargo" sobre o setor industrial, uma vez que devem pagar taxas, ao mesmo tempo que estão arcando com as despesas de instalação de equipamentos antipoluição. Os consumidores argumentam que o setor industrial poderia repassar as taxas pagas aos preços dos produtos o que resultaria em preços de produtos mais altos. Os ambientalistas, por outro lado, protestam argumentando que taxaço de efluentes poluidores significa "licença

Figura 6 — Taxa de efluente ótima

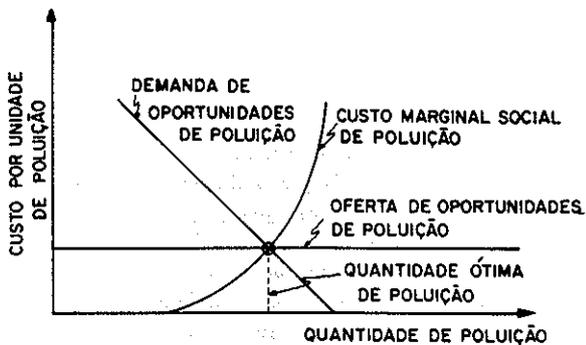
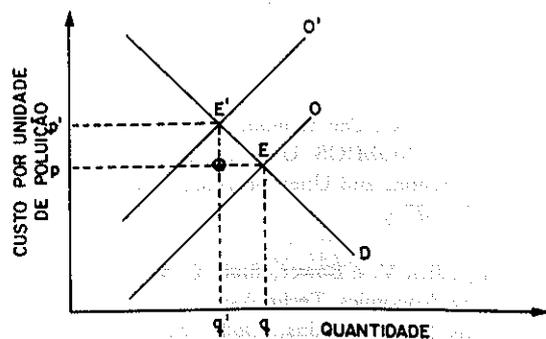


Figura 7 — Efeito de uma taxaço de resíduo no preço de um produto



para poluir". Temem que a indústria, exibindo o dinheiro, se reserve o direito de degradar o meio ambiente.

A justificativa do "duplo encargo" não é defensável porquanto nenhuma fábrica é forçada a arcar com um "duplo encargo". Qualquer poluidor tem sempre a opção de pagar a taxa e não fazer qualquer esforço para reduzir a poluição. A única justificativa para o dinheiro gasto em equipamentos de abatimento de poluição é a de ser mais barato instalar o equipamento do que pagar para poluir.

O razoamento do repasse das taxas pagas ao preço do produto é verdadeiro. Se D representar a curva de demanda para um dado bem e O a curva de oferta do mercado, para este bem antes de haver qualquer política de controle de poluição, ambas as curvas encontram o equilíbrio em E, com um preço p e uma quantidade produzida q, conforme nos mostra a **Figura 7**. O efeito de uma taxa sobre resíduo será a elevação do custo marginal de produção. O aumento será equivalente à menor quantia cotejando-se a taxa paga por unidade de produção e o custo do equipamento de abatimento de poluição necessário para evitar o pagamento da taxa. Esse aumento deslocará a curva de oferta para uma nova posição O'. A distância, na vertical, entre as curvas de oferta antiga e nova é igual ao encargo por unidade, decorrente da taxaço. Com a nova curva de oferta O', o equilíbrio se dá em E' com o preço p' e quantidade q', respectivamente. A diferença entre os preços antigo e novo representa a parte do encargo repassada ao consumidor. Da forma como a **Figura 7** foi desenhada o repasse é de cerca de 50%. Contudo, a porção exata varia de produto a produto, dependendo das formas das curvas de oferta e demanda.

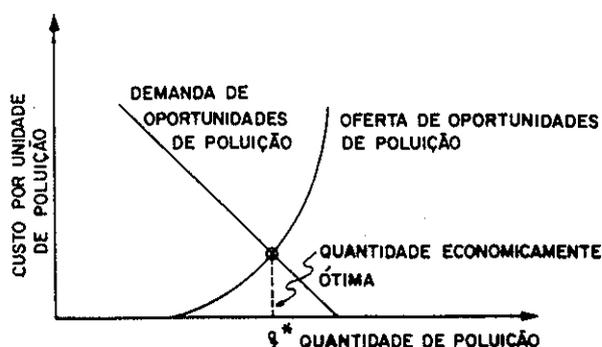
Depreende-se que, pelo menos, uma parte do encargo pode ser repassada aos consumidores. Esse fato não deve, entretanto, se constituir num óbice para a política de cobrança. Deve-se ter em mente que "alguém" sempre paga o preço da poluição. As diferentes políticas somente comutam quem paga esse preço. Sob as condições vigentes, tanto os produtores quanto os consumidores de bens poluição-intensivos têm ampla liberdade de transferir o encargo para inocentes terceiras partes. Assim, uma boa política seria a de cobrar preços mais elevados para produtos que têm em si embutida elevada poluição. Esta prática estimularia os consumidores à reflexão e a mudar seus padrões de consumo de produtos "sujos", mais caros, para produtos "limpos", mais baratos.

Examine-se agora a alegação cognominada "licença para poluir". Seus adeptos afirmam que a taxaço de resíduos não tem nenhum efeito sobre a poluição. Dizem que as empresas apenas pagariam as taxas e como antes continuariam a se comportar mal no tocante à poluição.

Ora, esta argumentação não encontra sustentação, a menos que se negue que as leis da oferta e da procura sejam aplicáveis a questões de disposição de resíduos da forma que são para as outras atividades empresariais.

Algumas vezes, o argumento "licença para poluir" explora o fato de as taxas possibilitarem a eliminação de apenas uma parte da poluição gerada. Também neste caso, a alegação viola o bom razoamento econômico, pois a eliminação de toda a poluição, sem se levar em conta o custo, demandaria maiores sacrifícios de bem-estar material do que se poderia justificar em termos de satisfação dos consumidores. Contudo, uma terceira interpretação no âmbito deste argumento faz sentido, do ponto de vista econômico. É a de que não há nenhuma compensação direta para

Figura 8 — Oportunidades de poluição com proteção perfeita das propriedades privadas



os prejudicados (de jusante, quando se trata de poluição das águas ou a favor do vento em se lidando com a poluição do ar) por aquelas fontes que continuam a poluir após a imposição da taxa. Para essas vítimas parece injusto que uma fonte possa legalmente continuar a lhes causar estorvos e danos apenas por pagar uma taxa ao governo.

A questão de quem deverá ser compensado pelos danos causados pela poluição endereça à discussão do tema "poluição versus direitos de propriedade". A idéia básica em torno deste tema é a de que a poluição é apropriação indébita.

Se o espaço aéreo em volta de certa residência é usado para o recolhimento dos produtos de combustão de uma dada fonte de emissão, esta pode estar furtando do proprietário os serviços de acomodação desses resíduos. O proprietário de tal residência deveria então ter o direito legal de impedir que sua propriedade fosse utilizada para esse fim sem seu prévio consentimento ou negociação.

Um efeito possível de leis que possibilitassem aos donos de propriedades se proteger dos efeitos da poluição seria a criação de mercados privados para direitos de poluição. Neste mercado as pessoas poderiam vender oportunidades de poluição às empresas por um preço suficientemente elevado, de modo a compensar os danos causados pela poluição.

Se todos os indivíduos vendessem os direitos de poluição por preços iguais ao custo marginal dos danos de poluição a eles causados, o mercado de poluição se apresentaria como mostrado na *Figura 8*.

A curva de oferta de oportunidades de poluição coincidiria com a curva de custo marginal social de poluição. A quantidade correspondente ao ponto de equilíbrio seria então a quantidade economicamente ótima.

Obviamente, a proteção legal dos direitos de proprietários privados como método de controle de poluição apresenta algumas objeções de ordem prática. Uma dessas objeções é que nem todos os recursos ambientais passíveis de sofrer danos com a poluição são de propriedade privada. Contudo, pode-se proteger os recursos de propriedade pública por meio de taxas e encargos sobre os usuários reservando-se a lei privada à proteção dos recursos de propriedade privada.

Mas há de se enfrentar outra impedição quando se trata de dar este tipo de cobertura aos danos de propriedades privadas. É que tal política poderia resultar em redução excessiva dos níveis de poluição. Um poluidor em potencial, locado em uma área densamente povoada teria de negociar contratos de oportunidades de poluição com centenas de pequenos proprietários, antes de emitir uma só golfada de fumaça. As despesas desse processo seriam então proibitivas, mesmo que os encargos pagos aos proprietários fossem em si razoáveis.

Para evitar essas despesas as empresas procurariam investir em abatimento de poluição mais do que o necessário para atingir a quantidade de poluição economicamente ótima e, assim fazendo, promoveriam uma redução excessiva da poluição.

À guisa de conclusões

A disposição de resíduos de produtos sempre envolve custos de oportunidade. Ou se deteriora o meio ambiente, ou se reduz o consumo de bens materiais, ou ainda se utilizam fatores escassos, de produção, em dispendiosos esforços para a redução da poluição. Se os resíduos são descarregados no meio ambiente, sem tratamento, os custos de oportunidade assumem a forma de um meio ambiente menos saudável e agradável para se viver.

Do ponto de vista econômico, o principal objetivo do controle da poluição é melhorar a eficiência da alocação de recursos escassos. Na circunstância que ora se trata o recurso escasso é a capacidade assimilativa ambiental.

A poluição é uma forma de coerção mediante a qual produtores e consumidores se beneficiam, respectivamente, de altos lucros e preços baixos, enquanto as vítimas da poluição relutantemente são forçadas a arcar com os custos muitas vezes sem compartilhar dos benefícios.

As políticas ambientais que impõem um preço à poluição auxiliam a corrigir essas injustiças, fazendo com que todos paguem o custo dos bens produzidos e consumidos.

Tanto as políticas de controle da poluição baseadas em regulamentação, quanto as que se fundam na taxação de efluente não compensam as vítimas da poluição.

Nesse particular aspecto, as que atuam fazendo valer os direitos de propriedade privada parecem ser superiores.

Segundo o padrão da justiça de mercado, os efeitos de quaisquer políticas de controle da poluição tendem a ser benéficos, mas conforme o padrão da justiça distributiva os benefícios são questionáveis.

Referências

- DOLAN, Edwin G. The Economics of Pollution. In: MACROECONOMICS. Understanding National Income, Inflation, and Unemployment, 1977, Hinsdale, Illinois. 377 p.
- KNEESE, Allen V. e Bower, Blair T. Managing Water Quality Economics, Technology, Institutions Baltimore: The Johns Hopkins, 1968. 328 p. Bibliografia.

CARTAS

Doctor

João Gualberto C. de Meneses
Director Presidente
CETESB

São Paulo, Brasil

Reciba un cordial saludo, en unión de sus colaboradores en el cuerpo administrativo.

Agradezco formalmente el documento enviado por UD, correspondiente a LA REVISTA AMBIENTE CETESB, el numero 1, volumen 5 de 1991, algo muy valioso para nosotros como documento de consultoria.

Es muy importante para nosotros a nivel de PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS para consumo humano reconocer la relacion CETESB BRASIL, EM CARTAGO COLOMBIA Plantas (ETA).

Es CETESB el Instituto representativo mas importante para el desarrollo de nuestras actividades en el AREA DE SANEAMIENTO BASICO.

PRIMEIRO: Por la capacitación a Distancia que hemos recibido, y la calidad de la información

SEGUNDO: Por la documentación tecnica ofrecida.

Paso a comentarle que en el SEMINARIO INTERNACIONAL celebrado en la ciudad de Cali, tema: CONTROL DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, del 26 al 31 de Mayo del presente, presente la revista AMBIENTE, vol. 5, la cual tuvo una gran acogida por los participantes donde solicitaron fotocopias de los siguientes temas:

TOXICIDAD EN AGUAS DE ESTADO DE SÃO PAULO

INCENTIVOS ECONOMICOS PARA CONTROLAR LA POLUCIÓN

UTILIDAD DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE AGUAS.

Se mesolicito por varias la dirección, donde nosotros destacamos como el documento mas importante de AMERICA LATINA actualmente en circulación

CORDIALMENTE: **Herna Victoria M**

Jefe Plantas de Tratamiento de Aguas

AA, 167, ENCARTAGO

CARTAGO (VALLE) COLOMBIA

THE GENERAL LIBRARIES
THE UNIVERSITY OF TEXAS
AT AUSTIN

24 de Julho de 1991

Prezado(a) Senhor(a)

Agradecemos muito o envio das publicações abaixo citadas, as quais enriqueceram o acervo desta biblioteca. São obras muito valiosas para os professores e estudantes desta universidade, porque apresentam novas informações para pesquisadores.

Esperamos continuar recebendo suas futuras publicações.

Mais uma vez, agradecemos sua generosidade.

Atenciosamente,
Laura Gutiérrez-Witt
Bibliotecaria-Chefe
Revista Ambiente

Número 1, Vol. 5, 1991

São Paulo, 10 de janeiro de 1992
Ao Exmo. Sr. Dr. José de Almeida Fernandes

DD. Presidente do Instituto Nacional de Meio Ambiente
Rua Carlos Testa, 1 — LISBOA — Portugal — 1.000

Prezado Senhor,

Agradeço sua carta de 12/09/91 em que Vossa Senhoria confirma o fato de esse Instituto ter extraído de "Ambiente — Revista CETESB de Tecnologia e transformado num pequeno livro um artigo meu, "Apontamentos de Introdução à Educação Ambiental", para difundi-lo entre os professores da rede escolar portuguesa. Sinto-me lisonjeado e dou-lhe, a posteriori mas com satisfação, a autorização solicitada para reproduzir o texto, mesmo porque a revista em que ele está publicado assim o permite, desde que, obviamente, citada a fonte e comunicado o fato ao redator.

Todavia, causaram-me espanto duas coisas: (1ª) a constatação de que a fonte não está citada completamente — a forma correta para se identificar tal fonte deveria ser "Ambiente — Revista CETESB de Tecnologia 1 (1987) 40-44", isto é, deveria deixar claro em qual número de que ano e em quais páginas o artigo foi publicado; e (2ª) a infeliz descoberta de uma contradição entre a letra de sua missiva, em que expressamente se diz que "o texto tem sido difundido, gratuitamente..." e o que se lê em "INAMB — Audiovisuais e Publicações 1991" (elenco de publica-

ções desse Instituto que Vossa Senhoria teve a cortesia de me enviar, por correio à parte, juntamente com exemplares do meu texto e de textos de outros autores, o que lhe agradeço), onde se detecta que a reprodução que o INAMB fez do meu artigo está sendo vendida. Percebo que é módica a quantia solicitada. A contradição, porém, suscitou a minha curiosidade e estranheza.

Comungo com Vossa Senhoria da idéia de que devemos divulgar tudo o que possa favorecer o desenvolvimento de "uma nova e mais atuante consciência ambiental".

Com votos de estima e consideração.

Dr. GERMANO SEARA FILHO

Secretário Executivo Substituto do Conselho Estadual do Meio Ambiente — CONSEMA

Rua Tabapuã, 81- 15º andar — Itaim — CEP 04533

Cienfuegos, 2 de enero de 1992
Sr. Director
Revista CETESB de Tecnologia
Por medio de la presente acuso el recibo del N° 1 volumen 5 de 1991 de la revista Ambiente. No lo hice antes por encontrarme fuera de mi país.

Aprovecho la oportunidad para saludar calurosamente al colectivo de la Revista por la excelencia de la publicación y la gentileza en su envío a lejanos pero fieles lectores.

Sin más, deseándoles éxitos y prosperidad en el nuevo año, queda de ustedes;

Ing. Ciro Rodríguez Rodríguez
Domicilio: Ave. 60 N° 2513
Cienfuegos, Cuba

UNIVERSIDADE ESTADUAL
DE PONTA GROSSA
REITORIA
PROF. JOÃO GUALBERTO C.
DE MENEZES

Acusamos o recebimento da Revista Ambiente. Cumprimos o Conselho Editorial pela excelência dos artigos, em especial a entrevista do filólogo Antônio Houaiss.

Cordialmente
João Carlos Gomes
REITOR

Crescer com qualidade de vida

ALAÔR CAFFÉ ALVES*

O desenvolvimento econômico é, sem dúvida, o objetivo de todos os países, quer sejam ricos ou pobres. Mas quando acontece sem o devido planejamento, ele enseja uma série de problemas — que podem ser definidos como conflitos entre o progresso e qualidade de vida. A administração desse conflito é uma das mais importantes tarefas a que se propôs o nosso governador Luiz Antonio Fleury Filho. E essa missão vai além do trabalho cotidiano de fiscalizar, garantir o cumprimento da legislação pertinente, preservar ou utilizar racionalmente os recursos naturais e recuperar áreas degradadas. É preciso também educar, conscientizar cidadãos e empresas sobre a importância da preservação do meio ambiente. Além disso, a escassez de recursos nos obriga também a um constante intercâmbio com os organismos financeiros internacionais, na busca dos créditos que nos permitam promover o crescimento sustentado.

Vejam o caso da cidade de São Paulo, a que mais cresceu no Brasil nos últimos anos. É grande, forte economicamente, mas é também uma das mais problemáticas do país. São Paulo é, por exemplo, a campeã brasileira de poluição, quer da água, quer do ar. Ao mesmo tempo, é a que mais entende de poluição, por ser obrigada a combatê-la diariamente, sem tréguas. A Cetesb está aí para comprovar essa verdade. É o único centro de referência ambiental da América Latina reconhecido pela ONU.

São Paulo é o Estado brasileiro em que as contradições entre o desenvolvimento e os problemas causados por ele se dão de forma mais clara. Detém a maior riqueza do país, mas é seu também o



Foto: José Jorge Neto

ônus da deterioração do meio ambiente causada pelo crescimento sem planejamento, principalmente de sua capital e cidades vizinhas. Hoje, são mais do que necessários projetos como o da despoluição do rio Tietê e do rio Piracicaba, entre outros.

Por tratar desses problemas no seu dia-a-dia, São Paulo criou uma estrutura técnico-científica voltada para a melhoria da qualidade ambiental. Além da Cetesb, temos outro centro de referência reconhecido pela ONU: o nosso Instituto Florestal é parâmetro em biodiversidade. Na mesma direção caminham os Institutos de Botânica e o Biológico. A primeira lei estadual de meio ambiente do país é paulista, a Lei 997/76. A primeira Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Brasil é a de São Paulo, criada em 1986. Tem mais: o primeiro Código Estadual de Proteção ao Meio Ambiente foi elaborado em São Paulo, pela Secretaria de Meio Ambiente, depois de uma ampla discussão com

a sociedade civil, e está para ser encaminhado à Assembléia Legislativa para tornar-se lei.

Por ser um verdadeiro país dentro do Brasil e por conviver com o crescimento e seus impactos na qualidade ambiental, São Paulo se relaciona com todos os organismos voltados à questão ambiental, sejam oficiais ou privados. Ainda no começo deste ano, em fevereiro, o presidente da “Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos”, William Reilly, visitou o governador Fleury, demonstrando a sua preocupação e a sua disposição de colaborar com o desenvolvimento sustentado de São Paulo. Na sua última viagem aos Estados Unidos, em outubro do ano passado — principalmente para acertar detalhes do empréstimo ao Projeto de Despoluição do Tietê —, o governador reuniu-se com várias entidades ligadas ao meio ambiente, como foi amplamente noticiado na época, para explicar como São Paulo promove o seu desenvolvimento sustentado. Ainda neste ano, o Banco Mundial vai liberar US\$ 108 milhões para serem aplicados na recuperação da represa Guarapiranga e na preservação da bacia do rio do mesmo nome.

Por tudo isso, e a partir dessas preocupações, São Paulo quer e precisa ser ouvido na ECO-92. A experiência e a tradição de nosso Estado nas questões ambientais certamente serão uma contribuição importante para o debate que chefes de Estado de todo o mundo vão travar na conferência do Rio.

*Alaôr Caffé Alves, advogado, é secretário do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.