

revista Cetesb
de tecnologia

ambiente

Volume 5 Número 1 1991

ISSN 0102-8685

Secretaria de Estado do Meio Ambiente

Incentivos econômicos para controlar a poluição Estudo pedológico e os impactos na mineração

A toxicidade em águas do Estado de São Paulo



A predação cultural, segundo Antônio Houaiss

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Orestes Quércia
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Jorge Wilhelm
Secretário

CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Prof. João Gualberto de Carvalho Meneses
Diretor-Presidente

Eduardo San Martin
Diretor de Controle de Poluição

Octávio Dótolli
Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Frederico Pegler Neto
Diretor Administrativo e Financeiro

Laura Maria Regina Tetti
Diretora de Desenvolvimento de Programas e Mobilização

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Vol. 5
Nº 1
1991
ISSN0102-8685

Conselho Editorial

Arq. Jorge Wilhelm
Prof. João Gualberto de Carvalho Meneses
Prof. Aristides de Almeida Rocha
Prof. José Zatz
Eng. Eduardo San Martin
Adv. Frederico Pegler Neto
Soc. Laura Maria Regina Tetti
Eng. Nelson Vieira de Vasconcelos
Adv. Octávio Dótili
Prof. Roque Montelone Neto
Eng. Ivan Carlos Maglio
Psic. Germano Seara Filho
Prof. Samuel Murgel Branco
Prof. João Antonio Galbiatti
Prof. Archimedes Perez Filho
Ecol. Francisco Tadeu G. Luz
Biol. Sérgio Roberto
Prof. Hamilton Targa

Ambiente — Revista Cetesb de Tecnologia está indexada no Excerpta Médica, Elsevier Science Publishers B.V.; no Repindex — Índice da Replidica — Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria 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

Assessor Editorial da Presidência: Enio Squell
Editor-Chefe: Newton Mizuko Miura
Editor de Arte: Roberto M. Videira
Editora-Executiva: Maria Helena C. Jordão
Secretária de Redação: Rosely Ferreira Martin
Secretária: Vanilde Vergúlio
Diagramação: José Diniz
Composição, fotolito e impressão: Imprensa Oficial do Estado — IMESP
Redação: Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345, Prédio 1, 1º andar, sala 100, Telefone (011) 210-1100 - Ramal 320, CEP 05489, São Paulo, SP, Brasil.

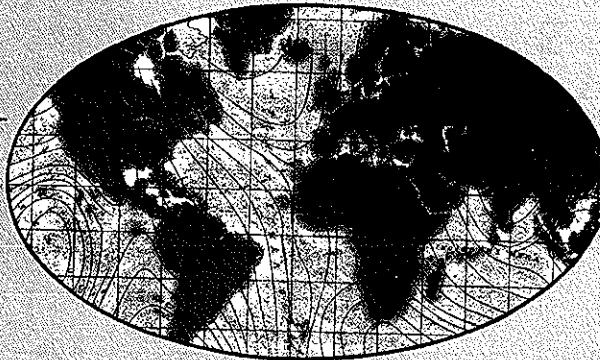
Os conceitos emitidos nos artigos assinados nesta publicação são de responsabilidade exclusiva de seus autores. A redação solicita que lhe seja informada qualquer transcrição, referência ou apreciação dos artigos da revista.

Ambiente agradece a inestimável colaboração "ad hoc" dos seguintes especialistas: Prof. Oswaldo Massambani, Dra. Dorothy C.P. Casarini, Eng. João Roberto Rodrigues e Prof. Dr. Leopoldo Magno Coutinho, na laboriosa tarefa de opinar sobre a qualidade dos trabalhos apresentados, para fins de seleção.

Capa: "Paisagem", de Jacob Van Ruisdael, RIJKSMUSEUM, AMSTERDAM, HOLANDA.

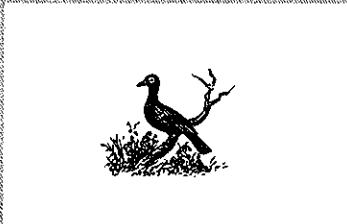
Sumário

Ambiente Mundial.....	4
Editorial.....	5
Entrevista: A predação, segundo Houaiss.....	6
Capa: A toxicidade em águas do Estado de São Paulo Pedro Antonio Zagatto, Elenita Gherardi Goldstein.....	13
Incentivos econômicos para controlar a poluição Aurélio Libanori.....	21
Concentração de metais em aerossóis atmosféricos Haidé D. Fiedler, Jaime A. Solari.....	26
O meio ambiente e as questões rodoviárias Raul Ferreira Bártholo.....	33
Efeito da poluição sobre bioindicadores vegetais Beatriz Ramos Mendonça, Eldo Antonio Monteiro da Silva.....	37
A política ambiental e o desenvolvimento Ivan Carlos Maglio.....	41
Utilidade dos indicadores da qualidade das águas Sérgio Roberto, Rubens Monteiro de Abreu.....	47
Sistemas especialistas de manejo ambiental Vânia R. Pivello.....	52
Estudo pedológico reduz impactos da mineração Maurício Paulo Ferreira Fontes.....	58
Cartas.....	63
Opinião: Nova era no diálogo entre nações Prof. Ubiratan D'Ambrosio.....	66



Riscos do uso do carbono fóssil

Embora não fosse ainda cogitada em 1875, a utilização em larga escala do álcool como combustível — mesmo porque os motores a explosão não eram usuais — é interessante notar a preocupação, já existente, nessa época, quanto à necessidade de economizar os combustíveis fósseis. Assim, em uma interessante versão francesa do livro sobre Conservação da Energia, de Balfour Stewart, "professor de filosofia natural" e membro da Sociedade Real de Londres, encontramos alguns trechos curiosos que vale a pena reproduzir pela sua atualidade. Diz ele: "A energia encerrada na madeira provém, então, dos raios do sol, a mesma observação se aplica à hulha.



Não há, entre a madeira e a hulha, senão uma diferença de idade..." "Estamos, então, perfeitamente autorizados a afirmar que a energia do combustível provém dos raios do sol; o carvão constitui a provisão preparada pela natureza para nos servir como uma espécie de capital, enquanto a lenha representa a nossa precária renda anual. Acharmo-nos, hoje, na posição do jovem herdeiro que acaba de receber uma fortuna e que, não se contentando com os rendimentos, gasta também rapidamente seus fundos." Se essa observação, feita em 1875, fosse complementada com a da transferência de carbono que, a partir da queima dos fósseis, é feita para a atmosfera, teríamos uma atualíssima argumentação a respeito de um dos mais momentosos problemas ambientais do mundo de hoje.

Degradação dos Solos

Os geógrafos C. Agnew e A. Warren, do University College de Londres, publicaram no número de março — abril de 1990, da revista *The Sciences* da Academia de Ciências de New York, um oportuno apanhado a respeito do tão pro-

palado problema da "desertificação" dos Continentes — denominação que eles condenam, por ser extremamente imprecisa. De acordo com inúmeros relatórios oficiais, de amplo conhecimento, cerca de um terço da superfície do solo, na Terra, é constituído por desertos e outro terço tende a desertificar-se em futuro não muito remoto. Segundo dados da ONU, por exemplo, cerca de 200.000 km² de terras produtivas estão sendo desertificadas a cada ano. Pelo menos 400 milhões de dólares por ano estão sendo investidos pela ONU, na África, em planos de antidesertificação. A luta contra a desertificação tornou-se, assim, ao lado do efeito estufa e da queima de florestas tropicais, um dos problemas ambientais que mais exigem a atenção imediata e auxílios financeiros de todas as nações do mundo. O assunto requer, entretanto, antes de mais nada, uma avaliação crítica e melhores definições a respeito do que seja, realmente, deserto e desertificação, qual a maneira de constatar o processo e quais as técnicas para reduzir os seus efeitos. As definições usuais, baseadas em índices pluviométricos inferiores a 100 milímetros por ano na presença de dunas e ondulações arenosas, nas elevadas temperaturas ou na ausência de vegetação, estão longe de poder serem generalizadas: não há consenso científico sobre o que seja um deserto. Não existe uma correlação clara entre a seca e o avanço irreversível dos limites da mancha desértica. Questionários distribuídos visando à obtenção de informações a respeito da desertificação na África e na Austrália causaram frustrações, dada a diversidade de conceitos de desertos e de desertificação entre as populações consultadas. As próprias interpretações sobre produtividade do solo baseadas em



imagens de satélites são, em alguns casos, extremamente controversas. Finalmente, quanto à aplicação de tecnologias corretivas do processo de degradação do

solo, em inúmeros casos estas têm agravado mais do que minorado o problema: excesso de cultivo, emprego imprudente de maquinaria agrícola, irrigação des criteriosa e outras medidas, têm gerado, em várias partes do mundo, problemas de esterilização devido à destruturação, ao encharcamento e à salinização dos solos. Concluem os autores que os cientistas conhecem ainda bem menos sobre as terras secas do que sobre qualquer outro habitat terrestre.



A procura de substitutos para os CFC

Em atenção aos protocolos de Montreal, de 1987, e da Comunidade Europeia, mais recentes, prevendo, respectivamente, uma redução à metade ou uma completa supressão dos clorofluorcarbonos por volta do ano 2000, a indústria francesa ATOCHEM (grupo Elf-Aquitaine), que é a segunda maior produtora mundial do CFC (depois da Du Pont), iniciou a produção de HFA (hidrofluorcarbonos) considerados como os melhores produtos de substituição para as espumas isoladoras, bem como para aparelhos de refrigeração. Os HFA são mais difíceis de serem produzidos e, portanto, mais caros que os CFC devendo, pois, ser utilizados com mais economia e, principalmente, reciclados. Produtores, já, do "HFA 134 a" em unidades piloto de fabricação de refrigeradores, a ATOCHEM decidiu investir 500 milhões de francos para a construção de uma nova unidade de produção do "HFA 141b" (para isolantes) e do "142b" (usado em espumas de polistireno e também como agente propulsor) destinada à fabricação de 40.000 toneladas por ano, a iniciar-se no segundo trimestre de 1991. Embora o HFA não possa substituir os CFC em todas as suas aplicações, mas apenas em 40 por cento

(Continua na pág. 65)

EDITORIAL

Fogo e fumaça

Torna-se cada vez mais difícil detectar sinais de imparcialidade na avaliação internacional dos problemas ambientais brasileiros. Como tivemos a oportunidade de mencionar em Vancouver, no Canadá, por ocasião da sessão "Desenvolvimento Econômico e a Questão Ambiental — Globe 90", realizada em março deste ano, a ênfase quase que exclusiva sobre a queima e o desmatamento da Amazônia é, em tudo e por tudo, sintomática. Na verdade, são poucos os organismos e instituições internacionais que se dão conta do fenômeno inigualável que é o processo de urbanização brasileiro. No entanto, tanto o Brasil como a América Latina e o Caribe, estão submetidos a uma fenomenologia dual, representada por faces da mesma moeda: capitalismo tardio diante de intensa urbanização e degradação ambiental, ou crise econômica e pobreza da sua população.

O Brasil é exemplar nesse sentido: com uma taxa de 1,8% de crescimento populacional ao ano, o nosso país terá 176 milhões de habitantes no limiar do século XXI. Só a Grande São Paulo, hoje com 15 milhões de habitantes (uma população maior que a metade da do Canadá), com suas 60 mil indústrias, produz algo em torno de 20 milhões de toneladas anuais de resíduos. E, desse montante de materiais inflamáveis, corrosivos, tóxicos, etc. etc., apenas um milhão de toneladas têm disposição final adequada.

Só por aí, além dos problemas institucionais, de renda, de alimentação, de saneamento básico, que, como se sabe, se associam aos de qualidade ambiental, o quadro afigura-se dantesco; mas nem esse quadro é exclusivo de São Paulo, muito menos é esse o único problema brasileiro, no qual a produção de alimentos, de habitações, representam demandas insuportáveis se alinhadas a uma dívida externa líquida da ordem de mais de 107 bilhões de dólares.

Ora, dado que só em São Paulo há uma demanda de 60 m³ por segundo de água, quando a disponibilidade é de apenas 40 m³, a questão amazônica, sem ser menor, esplende como uma dentre muitas. Ou seja: há razões de sobra para que não se aceite a Amazônia como o "vilão" da natureza no contexto brasileiro. Quanto mais não seja que o Brasil colabora com apenas 5% da emissão de dióxido de carbono no mundo; esse o nosso quinhão em fumaça, produzido, dentre outros, por veículos automotores no Brasil. Enquanto isso, porém, os EUA (17%) e a URSS (14%), respondem por 31%. É muita fumaça em comparação com o fogo da nossa Amazônia. Parece evidente, portanto, que a nossa Amazônia é menos "pulmão" do que "filtro" do mundo.

Há perfeita clareza, no Brasil, sobre a maneira de se deter o processo de desmatamento da Amazônia e de outras regiões. Para se ter uma idéia, são soluções que, segundo os mais insuspeitos estudos, exigiriam cerca de três bilhões de dólares, ou o equivalente a apenas três dólares dos habitantes dos países desenvolvidos. Verifica-se, assim, que o Brasil precisa de dinheiro novo, destinado a restabelecer o equilíbrio da floresta, mas, sobretudo, para atender o conjunto de demandas urbanas emergentes. Por outro lado, a retomada de investimentos produtivos, que contemple a implementação de uma agricultura e a oferta de 1,5 milhão de novos empregos necessários, a cada ano, nesta década, tornam-se imprescindíveis para superar o impasse provocado pela pobreza e pelos problemas com o meio ambiente.

João Gualberto de Carvalho Meneses

Diretor-Presidente

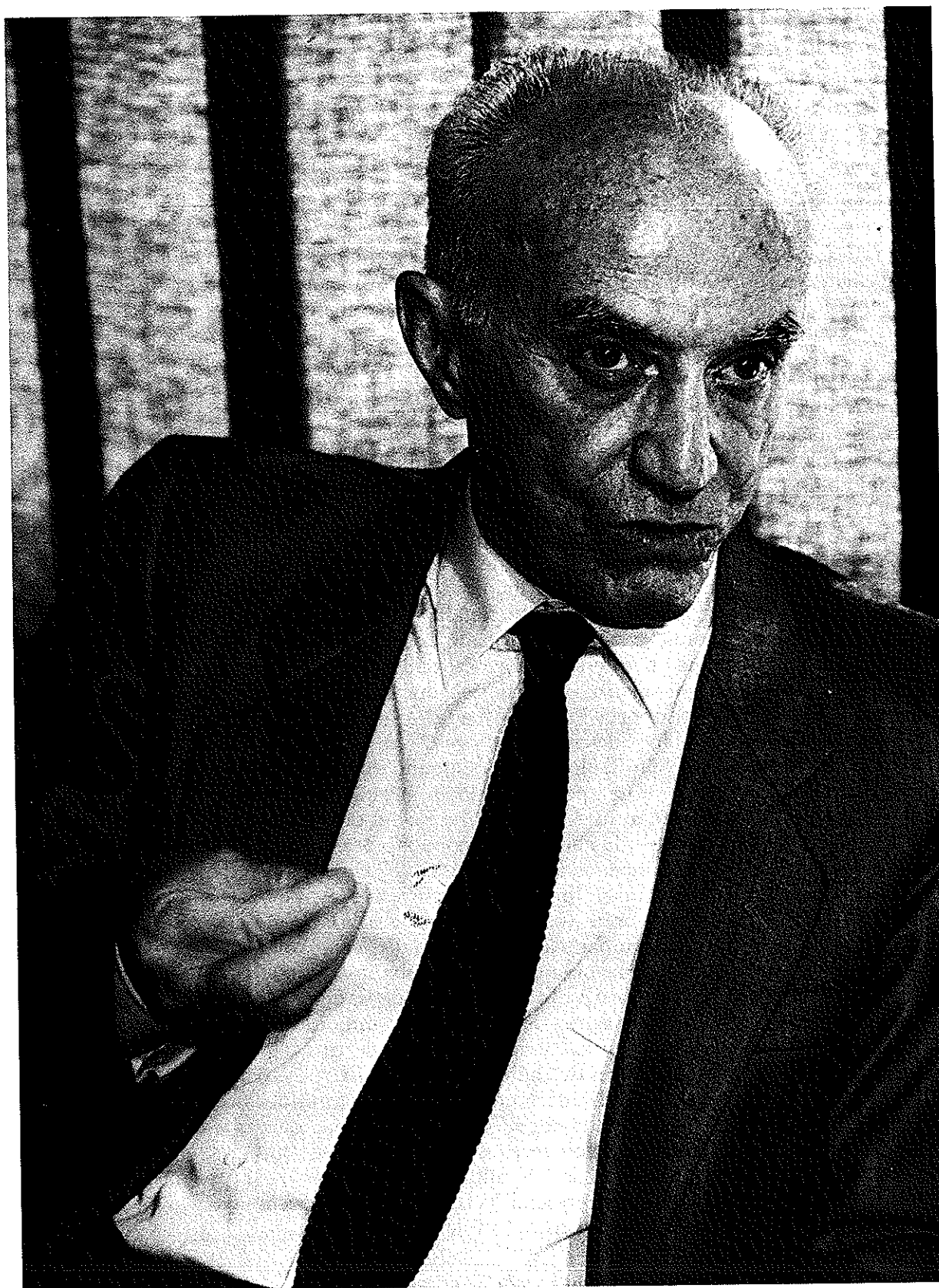


Foto: Agência Folhas - Lula Marques

Antônio Houaiss

ENTREVISTA

A predação, segundo Houaiss

Na vida do filólogo, dicionarista, poeta e gastrônomo, *Antônio Houaiss*, os percalços se deram na razão inversa dos sucessos. Cassado em 1964, quando perdeu seu cargo de diplomata de carreira, Houaiss ingressaria logo em seguida na Academia Brasileira de Letras. Como ele mesmo explica, uma coisa acabou sendo decorrência da outra: ao ser exilado da vida política em seu próprio País, Houaiss viu-se compelido a buscar na ABL a compensação pública por um ato persecutório que, em outros casos, havia redundado no mais completo isolamento de algumas das mais importantes personalidades intelectuais, políticas e científicas do Brasil.

Não que Antônio Houaiss pudesse ser cassado do lugar de destaque que já ocupava no quadro da "intelligentsia" brasileira. Ao apresentar, para publicação, a tradução do "Ulisses", de James Joyce, Houaiss, pouco antes, lograra inscrever seu trabalho entre algumas das maiores façanhas literárias da época. Até ali, contavam-se entre as raridades as traduções do romance de James Joyce no mundo. Escrito sob a égide da modernidade mais radical, o livro de James Joyce ia do Inglês ao Sânscrito, passando por várias línguas, numa complexidade formal que o colocava, então, como o paradigma do romance de vanguarda; ou seja, um desafio para qualquer tradutor, em qualquer língua do mundo. E o que não faltaram foram elogios à tradução brasileira. Seja por isso, ou por seus livros (que vão da gastronomia à filologia, passando pela poesia), não parece igualmente faltar títulos para que Antônio Houaiss se destaque como uma das mais instigantes personalidades da cultura brasileira contemporânea. Quanto mais não seja, que o seu atual desafio está para ser alcançado no prazo nada folgado de dois anos: é o tempo que Houaiss e sua equipe (consideravelmente reduzida depois do "Plano Color") se deram para apresentar à Academia Brasileira de Letras aquele que será, certamente, o mais completo dicionário em Língua Portuguesa elaborado até hoje. Nele estarão reunidos mais de 250 mil verbetes coletados, tanto no Brasil, como em Portugal, incluindo-se os países africanos. Por isso, o alcance de suas críticas à situação brasileira. Como se verá nesta entrevista à *Ambiente*, concedida a Enio Squeff, Antônio Houaiss não poupa acusações a um processo que ele acede em definir como "predação cultural" e que ele descobre em praticamente toda a formação histórica brasileira.

Ambiente — O Brasil, como quase todos os países do planeta, está submetido a um bombardeio de ações predatórias de todo o tipo. Desde aquelas nitidamente antiecológicas, que se dariam diretamente sobre a natureza, quanto de outras, que não se definem como uma categoria científica, mas que talvez pudéssemos classificar como uma espécie de "predação cultural". Ora, há um ano atrás, numa entrevista a um jornal brasileiro, o Sr. não economizou críticas contra a indústria cultural brasileira como um todo. Na época, o Sr. não mencionou diretamente qualquer expressão sequer parecida com "predação cultural", no entanto ao que ficou de sua entrevista, a questão talvez fosse exatamente essa. Qual a sua opinião a respeito?

Houaiss — Essa é uma noção que os senhores estão me propondo em primeira mão e é bem possível que eu

não a formulasse verbalmente assim; contudo, eu a encampo inteiramente. A predação cultural nos associa a outras tantas que a humanidade está praticando. O conhecimento aristotélico e platônico já havia compreendido perfeitamente, ainda na aurora do pensamento filosófico contemporâneo, que éramos seres culturais. Ou melhor, éramos os únicos que alterávamos a natureza, já que os outros se enquadravam nos seus ciclos naturais. Portanto, somos seres culturais; e a prova de que somos seres que alteramos a natureza, nós a temos ao longo da história e há muito tempo. Há 10 mil anos, por exemplo, éramos apenas 10 milhões de seres; vale dizer, um seiscientos avos do que somos hoje em dia. Logo, temos de convir que a explosão demográfica é uma das primeiras predações que o homem tem feito sobre a natureza e sobre si mesmo. As-

sim, neste instante, estamos com uma população mundial em torno de seis bilhões de seres; mas não nos devemos esquecer de que, no ano 2015, talvez já sejamos 10 bilhões. Não sabemos, a propósito, como iremos fazer quando tivermos mais quatro bilhões de criaturas sobre a Terra. Quanto ao passado, porém, sabemos de coisas muito elementares. Por exemplo: a guerra movida pelos romanos contra o Egito deu-se, sobretudo, porque o Egito era um imenso manancial de trigo para a Europa. Isto que se chama hoje Saara, em grande parte não era um deserto; eram trigais, tão florescentes que levaram à conquista do Egito. O nosso Nordeste, esta costa da chamada Mata Atlântica, na verdade um prolongamento da Amazônia, há quatro séculos era virginal. Quer dizer, a predação não só existe, como ela está se precipitando. E se poderá perguntar: por que razão? Na tentativa de uma primeira resposta, pode-se dizer que enquanto o homem teve um desenvolvimento mais ou menos simétrico, ou seja, um desenvolvimento cultural de que participavam todos os seres, a exploração da natureza deve ter sido muito mais lenta e muito mais tranquila, do que a partir do momento em que se instituiu uma assimetria de desenvolvimento, com povos mais desenvolvidos que outros e, dentro de cada um desses, indivíduos mais desenvolvidos que os outros; esta é uma escala que deve ter começado há apenas seis mil anos, com o advento de uma coisa importante que se chama escrita, mas com a qual se pode fazer ciência, desenvolvimento técnico, filosofia etc. e que redundou nesta transfiguração das 20 mil línguas que deveriam existir, então, e que estão hoje reduzidas a 11 mil. Ocorre que algumas poucas línguas de cultura escrita, deram aos povos que as praticavam uma tal superioridade, uma capacidade tão infinitamente maior sobre os outros, que estes, ao invés de objetos de uma linguagem, de uma economia comum, passaram a objetos de predação; é aqui que começa a predação do homem sobre o homem. A partir, portanto, do momento em que houve uma superioridade de desenvolvimento mental, físico, técnico, de certos povos em relação a outros e, sobretudo, de certas seções de povos em relação ao restante. Isso foi descoberto com o nome de "luta de classes" e "luta de nações."

Ambiente — Um conceito que, apesar da debêcle do socialismo real, o senhor não abandona...

Houaiss — Na verdade, trata-se de um conceito que ninguém pode abandonar. O fato de que o socialismo real tenha caído por terra não significa que a exploração do homem pelo homem cessou, ou que o socialismo possível, enquanto utopia, tenha também caído. Tome o caso da modernidade. Ela se caracteriza por uma coisa muito simples, a escrita: e desde que a linguagem, esse termo de referência fundamental, passou a ser escrita em abundância, isto é, a acumular o saber com intensidade, fato que aconteceu de dois mil anos antes de Cristo para cá, tudo se deu num crescendo tal que, num dado momento, gerou talvez as maiores filosofias que o homem tem até hoje e os maiores conceitos científicos e éticos que ainda agora existem. Contudo, até o fim do século XVIII, a humanidade viveu sob o signo de 2% de letrados apenas.

Ambiente — Mesmo na Grécia antiga?

Houaiss — Na Grécia antiga não havia mais que 2% de alfabetizados. Quando pensamos na Ática, no século em que floresceram Péricles e o esplendor daquela plêiade

de filósofos, de trágicos e de artistas fabulosos, eles representavam um quinto da população; ou seja, um quinto livre, já que os quatro quintos restantes deviam ser de metecos (estrangeiros) ou de escravos. E enquanto aquele um quinto tinha o privilégio do patriciado, foi nele que floresceram esses processos, pois, para os demais, as coisas não se davam segundo a escrita.

Ambiente — Sócrates não deixou nada escrito; ele era alfabetizado?

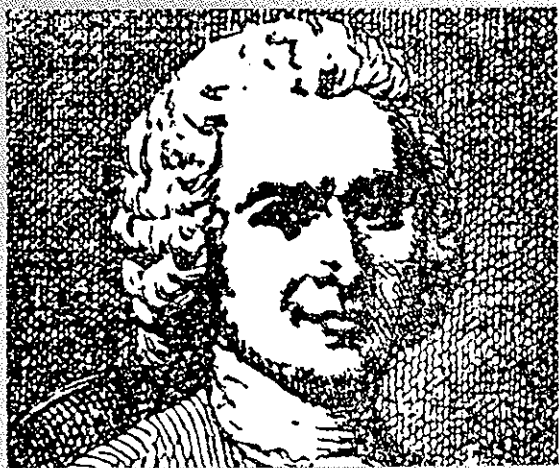
Houaiss — Sócrates, provavelmente, era analfabeto. Mas Platão não aprofunda o fato de que Sócrates, certamente, seria um mnemônico, que tinha um saber de memória. Isto quer dizer o seguinte: que o saber escrito era quase um saber profissional; era o escriba que descrevia o que os outros lhe ditavam; era essa, em grande parte, a função dele; pois, de resto, ele era também um leitor, o leitor para o grande público. E isso, essa pequena percentagem de leitores, perdurou até o fim do século XVIII. Pode-se conjecturar que, ao longo da história, tenham existido algumas exceções: os árabes, por exemplo, no fim do século X, no esplendor do islamismo, talvez tivessem um percentual ligeiramente maior de alfabetizados em certas cortes; assim como os judeus, que também devem ter tido um percentual maior de alfabetizados.

A modernidade se caracteriza por uma coisa muito simples: a escrita.

Ambiente — E por quê? Por serem povos de mercadores?

Houaiss — Não era só por isso, não. É que, ao aderirem ao monoteísmo, estes povos fizeram, como condição de voto, o conhecimento do Alcorão e da Bíblia. Em cada grupo de homens tinha de haver sempre um que fosse capaz de ler a Bíblia ou o Alcorão. Esse imperativo criou, talvez, uma compulsão aparentemente religiosa, mas, no fundo, terminou por se constituir numa estrutura social montada sobre essa noção. Pois bem, essa noção, que é importantíssima para o progresso, acaba determinando também a regressão. Pois não se pode esquecer que a escrita fonética, embora inventada há seis mil anos, durante um longo período, de pelo menos três mil anos, só foi usada para fins contábeis. Ou seja, para o "dever" e o "haver". Em Knossos, todas as escritas que existem lá só são contábeis, não existe nenhum relato; vale dizer que a escrita só vai ter aplicação literária um bom lapso de tempo depois. Mas o que se deve acrescentar é que a noção de assimetria, de desigualdade de desenvolvimento, criou a possibilidade predatória do homem sobre o homem. Isso se dará, inclusive, com a instituição da cidade, do sedentarismo, com a multiplicação de uma economia fabulosa, e com a predação da instituição da guerra. A guerra só passou a existir realmente, como processo organizado, a partir desse período, uns seis mil anos atrás ou um pouco mais. Ocorre que essa assimetria se agravou do século XIX em diante, com a instituição do ensino obrigatório, gratuito e universal para todos os povos. A Revolução Francesa e a Revolução Industrial, para terem os seus frutos

multiplicados nos resultados que a burguesia queria, precisavam de uma mão-de-obra extremamente qualificada, que não podia ser obtida com analfabetos. Então, a campanha pelo ensino universal começa no início do século XIX; na Inglaterra, na França, na Alemanha, no norte da Itália e nas Flandres vai dar resultados tais que, já no fim do século XIX, antes do início do nosso, estes povos haviam atingido 100% de literação, isso numa escala de ensino que perfazia dez anos, a partir das crianças de sete anos, mais quatro a cinco no ciclo secundário e não menos no ciclo superior. Com isso, temos a transfiguração do homem. O homem dos séculos XIX e XX é completamente diferente do anterior. Este teve na ponta do conhecimento um que outro futuro técnico. Tome-se a "Encyclopedie Française"; ela tinha onze volumes, com gravuras, dedicadas a ensinar como fazer instalações industriais; instalações, na verdade, de uma indústria que ainda não existia; era puro artesanato. Quer dizer, aquele grupo de filósofos que fez a "Encyclopedie" tinha o pressuposto de que o mundo do futuro iria ser completamente diferente daquele em que eles viviam. Por isso, eles queriam a universalização daquelas técnicas, pois sabiam que elas iriam multiplicar o poder do homem sobre a natureza.



Ambiente — A alfabetização apareceria, então, como uma mera especialização da mão-de-obra a ser explorada?

Houaiss — Não se tratava, apenas, de uma mão-de-obra especializada para a indústria, mas, sobretudo, para administrar as colônias, as quais passaram a ser rentáveis. Então, os quadros que no "Ancien Régime" podiam ser um grupo, uma elite hereditária, muitas vezes parasitária e até incompetente, não bastavam para as necessidades das novas classes dirigentes. Só que esses valores humanos começaram a predação a natureza tão inclementemente que aquilo que ocorreu no Egito, num passado remoto, e redundou na desertificação, começou a se multiplicar pela Europa inteira. E durante esse período de dois séculos o homem foi um predador cultural por dois fatos importantíssimos: todo o conhecimento humano, examinado na sua essência, é um dado coletivo. Einstein, com aquela grandeza mental que ele tinha, sabia que era um momento de cristalização de todo um esforço que vinha sendo feito anteriormente. Esses homens, que deram os grandes saltos para o progresso, não pediram nem "royalties", nem direitos autorais. No entanto, uma das formas mais torpes de exploração do conhecimento humano, hoje em dia, é que ele está sendo essencialmente cole-

giado. Porque há uma corporação que monta sobre o inventor, compra-o e, com isso, detém uma propriedade de direitos sobre os outros povos da forma mais exploratória possível. No mais, porém, deve-se dizer que predação cultural se dá, também, no fato de que certas sociedades exportam tecnologia para outras, na medida em que se exportam produtos; só que os produtores, estes não são exportados e, então, os produtos passam a ser condicionados por "royalties", que é uma outra forma de predação cultural. Isto é, tudo aquilo que é fruto do conhecimento humano passa a ser produto de predação. A predação cultural, por outro lado, se dá, ainda, pelo fato de que os países hegemônicos mantêm toda uma simulação de domínio sobre o pensamento humano. De certa forma, eles têm realmente a vantagem do conhecimento adquirido e da difusão desse conhecimento entre si, pelo grande sistema institucionalizado que conseguiram lavrar ao longo destes dois séculos que é o de um ensino básico, secundário e superior, todos eles exemplares. Exemplares no sentido de que, para eles mesmos, o ensino nunca lhes é satisfatório. Tanto é assim que, continuamente, assiste-se à autocritica feita por autoridades na França, na Inglaterra, nos Estados Unidos e na Alemanha, já que eles sentem que, para manter a hegemonia, não podem relaxar nesse ponto. Este é o processo do qual brotaram todas as outras vantagens. O homem do século XIX em diante passou a ser condenado a ter cultura institucionalizada e transmitida institucionalizadamente; sem isso, ele não é nada. No mundo de hoje, com trinta mil profissões diferenciadas, só seis ou sete podem ser exercidas por analfabetos, pois todas as demais 29.994 devem ser praticadas por indivíduos que tenham tido um bom ciclo de ensino básico. Ou um bom ensino secundário, ou um bom ensino superior. Modernidade é isso, não essa sutileza que muitas vezes se sugere quanto à pós-modernidade. E a verdade é que nós, no Brasil, não atingimos a modernidade. O dado da predação cultural está nisso. Uma criança norte-americana, francesa, alemã, japonesa, inglesa, ou coreana, ou mesmo de Singapura, quando chega aos 15 ou 16 anos tem, no mínimo, 15 mil horas de ensino institucionalizado, ao passo que, no Brasil, 70% da população com 15 anos não tem sequer mil horas investidas. Ora, isso não é feito por acaso. O nosso colonizador nunca cogitou de nos dar ensino. Durante o reinado, e especialmente no Segundo Império, na Constituição outorgada por Dom Pedro II, há um único artigo em que se lê que, a quem quiser estudar, o Estado poderá atender, uma coisa que evidentemente nunca foi praticada. Pedro II, que era um grande intelectual — e falo com certa ironia —, quando muito fez um colégio secundário, o "Pedro II" e isso para um país que, àquelas alturas, estava com algo em torno de 10 a 12 milhões de habitantes. Ou seja, aquela noção de modernidade, sob este ponto de vista, que é o único que vale em termos sociais, nós não a tivemos nem mesmo na República. Até pelos idos de 30 e 20, começamos a ter um esboço de ensino, mas assim mesmo seletivo, porque a impotência da nossa sociedade em investir na educação se vem confirmando historicamente, já que somos impotentes para conceder 10% do nosso Produto Bruto à educação, o que, por sinal, é o mínimo desejável.

Ambiente — E qual a razão dessa impotência?

Houaiss — Se se examinar a evolução das classes dirigentes brasileiras, ver-se-á que elas foram sempre forma-

das por aristocratas que resolveram perfeitamente o problema para si e para suas famílias. Um país que teve escravidão até 1888, como poderia ter essa noção? Aliás, o nosso relaxamento a esse respeito é tal, que ainda hoje existem pregoeiros do ensino pago, pensando que, com isso, esses dois terços que não têm como sobreviver, irão poder arcar com a obrigação de pagar o ensino para seus filhos. Não pagarão nada, porque não têm sequer como sobreviver. E, portanto, continuarão sendo zeros econômicos dentro do Brasil. Logo, essa ingenuidade de propor-nos a entrar no primeiro mundo...

Ambiente — Numa sociedade de mercado...

Houaiss — ... é uma piada. E entraremos, claro, mas como sempre, com apenas um terço da população. E continuaremos explorando os dois terços restantes. Quer dizer, a predação cultural se comprova nisso. Hoje em dia, a predação da natureza está sendo objeto de enormes cuidados de parte dos países desenvolvidos porque, tendo eles predado a natureza, como quiseram, agora estão vendo que a Terra, como um todo, está em risco. Mas, e aqueles povos que não tiveram tempo ainda de predação e que estão sendo açoitados a não fazê-lo, como é o caso do Brasil? Não que eu queira justificar a predação brasileira, mas, sim, mostrar a essencial hipocrisia que há nisso. Quando o alemão, o inglês, o francês, o norte-americano querem que não façamos o que eles já fizeram, quando senhores coloniais, eles exigem um sacrifício de nossa parte que, de certo modo, impede também o nosso desenvolvimento. E essa é a trágica contradição em que nos encontramos. Porque somos obrigados a predação na forma imperfeita do nosso capitalismo e, ao mesmo tempo, temos de arcar com a consciência de que, fazendo isso, estamos predando não apenas o nosso, mas o território da humanidade. E essa é uma contradição típica da predação cultural a que estamos submetidos. Pois deveria ser o contrário. Os países desenvolvidos deveriam dar-nos um crédito, na medida em que não fizemos essa predação, o que interessa a todos, crédito que seria uma forma menos espoliativa da relação secular de troca; todas as matérias-primas tendem cada vez mais a se desvalorizar em face das matérias manufaturadas que cada vez menos têm a presença humana. Ou seja, a tecnologia da robotização está aumentando e é um avanço para a humanidade, mas é um avanço predatório enquanto restrita a certa parte dela.

Ambiente — O sr. se referiu, até agora, a uma predação "latu sensu", isto é, a uma predação que se daria no plano cultural, mas que repercutiria fundamentalmente no processo concreto. Contudo, na crítica que o sr. fazia à indústria cultural, o sr. se referia à dominação. Isso teria a ver com a língua que hoje falamos e que estaria entranhada de anglicismos: seria esse também um dado da dominação cultural?

Houaiss — Note bem: quando me refiro à dominação, minha intenção é a de apontá-la como parte do processo global da Terra. Um dos traços da nossa assimetria é da predação cultural a que estamos submetidos dá-se pelo fato de que a elite brasileira, assim como o povo, louva profundamente a nossa cultura popular, mas o faz com uma ambigüidade fundamental. O povo porque crê que, com a sua cultura, pode sobreviver; a elite, por se distrair e por ganhar com ela. Então, é fácil explicar porque é que a nossa dança está sendo objeto de comercialização, assim como

a nossa música. Com isso, a nossa classe dirigente ganha. Como fez, aliás, com o futebol. Então, todas as formas populares de sobrevivência, que se traduzem no prazer de viver, todas vêm sendo comercializadas e, em grande parte, passam a ser objeto de exploração. Eu não acho, por exemplo, que hoje o carnaval seja uma coisa digna para o brasileiro; o carnaval do meu tempo era uma festa de que todos os brasileiros participavam. Hoje em dia, o carnaval está sendo objeto de comercialização e os que dão o seu esforço por ele, acabam objeto do ganho dos outros. Mas o carnaval de matéria espontânea, da alegria de viver, este passou a ser um espetáculo rentável, não fruído. Eu diria o mesmo sobre o futebol. O futebol, que se deveria caracterizar, no Brasil inteiro, por campos em toda a parte, para as peladas de onde saíam os nossos gênios, hoje vem sendo objeto de uma tal mercantilização que, daqui a pouco, haverá uma academia superior de ensino de futebol, assim como os russos fizeram e os soviéticos mantiveram, com o balé. Com o balé, aliás, isso até que tem um certo sentido, na medida em que se trata de uma coreografia erudita, com toda uma linguagem especial, cuja aquisição exige aprendizado. No caso concreto do Brasil, porém, a exploração do popular está sendo feita, ou pela mercantilização, ou por uma coisa muito pior, a exaltação ufanista. Nós temos o "melhor futebol do mundo", "o melhor carnaval do mundo", "a melhor música popular do



... mundo" etc. etc. E podemos, de fato, ter isso tudo, com o quê, porém, se coonesto o fato de que os homens que participam desse processo, não precisam estudar. Ora, a cultura popular é essencialmente ágrafa, ela dá gênios dessas modalidades a que eu me referi, mas não cria clínicos, físicos, botânicos ou biólogos. E, com isso, contenta-se a grande massa brasileira com o ensino dos mais vis, pois 70% da população brasileira está nessas condições e, no entanto, isso é coonestado por muita gente que quer que falemos como o capiau, porque acha que essa é a verdadeira língua. Pode ser, mas com essa língua não se faz física, química, biologia, filosofia etc., porque a linguagem do capiau é reduzida a três mil palavras, se tanto. E isso quando, em qualquer circunstância, um homem culto tem

que saber entender 40 a 50 mil palavras, no mínimo; ou 60 mil ou 400 mil, consoante o caso. Então, se o aprendizado é a colocação do homem dentro do seu mundo, cada um poderá continuar apreciando o futebol, a música popular — ou jogar e fazer música popular; essa outra cultura não exclui a de baixo, nem a vivência, muito menos o prazer dela — antes pelo contrário, pois dá a quem a tem, uma coisa que o outro não tem. Atualmente, porém, no Brasil, quem está embaixo não pode usufruir da cultura que está no mundo de cima.

Ambiente — E é aí que o sr. vê a inserção da indústria cultural?

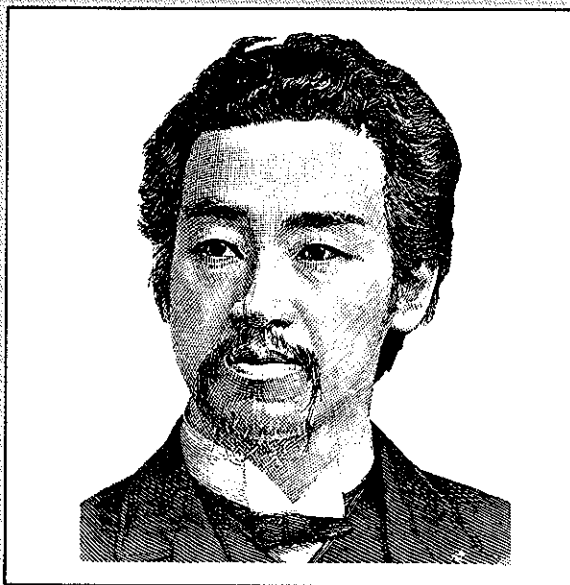
Houaiss — Evidentemente. Pois aí se dá não apenas o aproveitamento, mas o aviltamento da cultura restante. Então, nós somos hoje palcos dessa inversão. Mas esse é um processo universal, não apenas brasileiro. A América Latina toda está sujeita a isso. E é objeto de uma coisa, maquiavelicamente concertada. Pois as entidades internacionais estão muito preocupadas com a natureza brasileira, mas muito pouco preocupadas com o homem brasileiro. A infância, esta infância que não chega aos sete ou oito anos sem doença, que não alcança uma dentição perfeita até os sete, não é objeto de piedade, a não ser episódica, incidental. Alguém dirá: mas os países desenvolvidos teriam de exportar quantidades colossais de dinheiro para homogeneizar a humanidade; na verdade, teriam e devem fazê-lo. Mas tanto não fizeram, como até andaram gastando na corrida armamentista. Refiro-me a essa imorali-

Os nossos economistas têm a mentalidade dos nossos emprestadores e não dos que tomam emprestado.

dade que predominou até bem pouco. Foi necessário que um homem, o Sr. Gorbachev, a quem o Reagan chamava de "gênio do mal", viesse a público e anunciasse: não vou mais fazer bombas atômicas, a minha estocagem é o bastante para destruir a terra inteira. E só então a coisa parou. Mas, com isso, tanto a União Soviética quanto os Estados Unidos acabaram perdendo ostensivamente a sua hegemonia para o Japão e para a Europa unida. As duas superpotências devem e irão ser duas supersubpotências, porque terão um poderio nuclear, mas estarão economicamente em atraso em relação à Ásia e à Europa reunificada. Este o caminho a que nos conduziu o armamentismo e que gerou todas estas mazelas. De modo que pensar que não existe a predação cultural, é uma mentira. Tomemos o pensamento desenvolvimentista: ele sempre foi atrofiado pelos economistas formados em Harvard e em Chicago já que, em qualquer caso, eles têm uma visão do mundo puramente desenvolvido. E, por conseguinte, não podem deixar de encaixar os países como o Brasil numa fórmula da qual, por exemplo, um Japão soube se livrar.

Ambiente — E por quê?

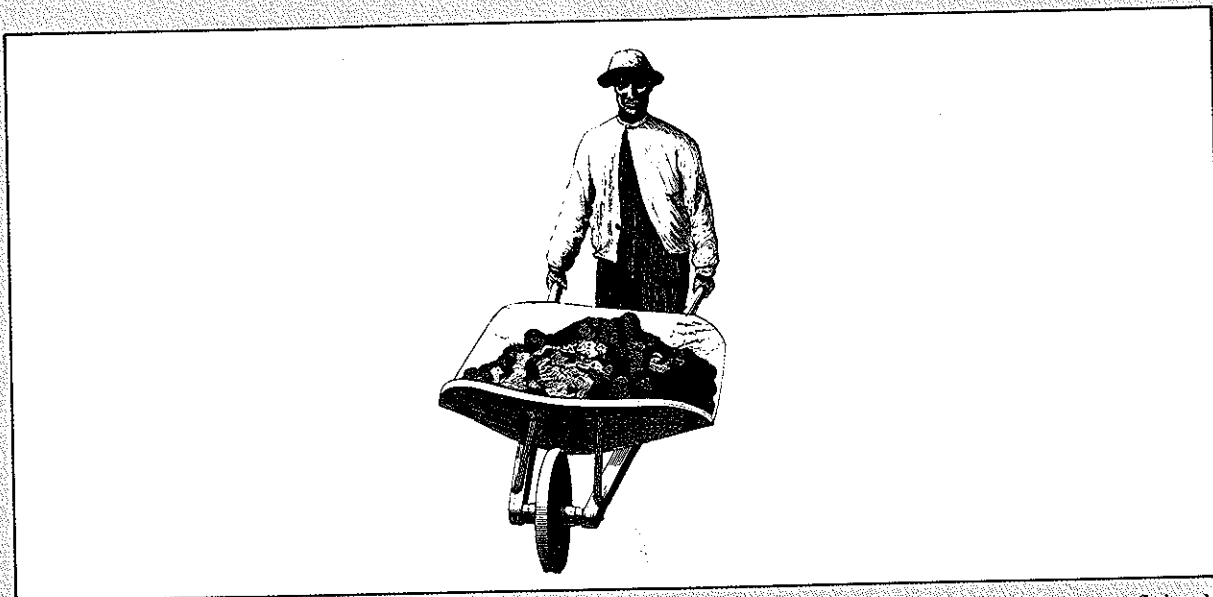
Houaiss — A fórmula japonesa foi muito simples. Fez das tripas o coração, mas deu à sua população, desde o fim do século passado, um dos melhores ensinamentos de base, ensino secundário e ensino superior, do mundo. Isso foi feito com um sacrifício nacional enorme. Mas eles, afinal, se saíram vitoriosos. Fizeram a besteira da guerra, é verdade — a introdução do fascismo deu nisso, mas logo depois se recuperaram; e se recuperaram da forma que todos estamos vendo. A modernização japonesa foi feita através da sua ocidentalização, isso é certo — mas sem desnaturar seu caráter nacional, que isso eles mantiveram. A lição está aí: eles não pediram emprestado a ninguém. O capital se faz em casa. É a fórmula do nosso Barbosa Lima Sobrinho, lembrando sempre que a expansão, o "boom" econômico japonês se fez nacionalisticamente. Já os nossos economistas não pensam nisto. Eles só pensam em renovar empréstimos, os quais passaram a ter essa fórmula escandalosa em que quanto mais se paga de juros, mais se está devendo no principal. E esta é uma das formas mais imorais da história da exploração do capital; é



uma literal predação. E predação cultural porque, para se obter esses resultados, tem-se como negociadores indivíduos imbuídos das boas razões dos emprestadores. Pois os nossos economistas têm a mentalidade dos nossos emprestadores e não dos que tomam emprestado.

Ambiente — E como é que o sr. vê a possibilidade — se é que ela existe — de que rompamos com esse sistema sobre o qual concordamos de que é culturalmente predatório?

Houaiss — Essa predação é concertada e coerente na medida em que ela se dá em proveito dos predadores, mas haverá um dado momento em que a competição, entre eles mesmos, criará crises e será através delas que poderemos, eventualmente, dar passos à frente. Eu não quero contestar o fato de que há um terço de cabeças pensantes neste País, capazes de operacionalizar este País para melhor. Temos, hoje em dia, um grupo não pequeno de técnicos menores, médios e maiores, além de cientistas pequenos, médios e maiores, que podem emprestar um impulso não pequeno ao Brasil, desde que haja um ambiente para isso.



E o que é esse ambiente? É que, num dado momento, um centro de pesquisas físicas brasileiro pode ter qualidade incomparavelmente grande. Tome o caso da nossa Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, a SBPC: ela tem uma vocação de impulso de progresso enorme. É verdade que ela está sendo sucateada pela ordem constituída; os cientistas, na realidade, são tolerados, não são filhos benquistos. Mas pode haver uma crise política, uma crise econômica de que emerja um pouco de arejamento para entidades deste tipo.

Ambiente — Sob este aspecto, o Plano Collor seria malthusiano...

Houaiss — Sem dúvida. Mas note, não quero criar a falsa noção de que se deva tirar dos ricos para dar aos pobres, com o quê todo o mundo empobrece. A dilapidação da burguesia brasileira é monumental. Mas com pequenas restrições neste setor, o Brasil terá a possibilidade de investimentos colossais na área científica e técnica. Por exemplo: a reforma agrária, preconizada maravilhosamente a reboque da Revolução Francesa no pensamento de José Bonifácio de Andrade e Silva, deveria ter sido feita já há muito tempo. A França, ainda hoje, é um país auto-suficiente em alimentos. Com 50 milhões de habitantes, um terço da população brasileira e com uma área de uns dezesseis avos do Brasil, a agricultura francesa é um modelo de eficácia. E isto é um subproduto da Revolução Francesa. Mas nunca levamos a cabo o que poderia ter determinado um futuro bem diferente. E estamos em 1980; nominalmente, o Governo assume a reforma agrária, só que até agora não se deu qualquer passo neste sentido, a não ser como uma polêmica etc. Ou seja, este é um País que tem realmente a vocação para o atraso. No entanto, se tivermos uma alimentação mais barata, haverá certamente uma saúde mais barata, um ensino mais barato, com o que se poderá chegar realmente a grandes impulsos neste País, sobretudo naquela parte que tem vocação de progresso e de aprendizado e que está sendo relaxada e abandonada. Os homens que fazem parte desta parte da população, como se sabe, pedem pouco para si e dão muito à sociedade. Só que isso exige uma inteligência, uma compreensão que a nossa burguesia dirigente, a classe dirigente deste maldito País, nunca teve. E raramente se elege

um homem que, de repente, tendo o poder, conflui todo o seu poder para que se instale uma coisa que possa dar resultados. Pelo contrário, o que se vê, em geral, são homens de ciência tendo de pechinchar. Realmente, o quadro é triste. Mas há esperanças. O Brasil não precisa ser uma superpotência e nem precisa ingressar no primeiro mundo; basta que tenha a sua posição qualificada e que se desenvolva de uma forma um pouco menos dilapidatória. A predação cultural tem de ser combatida de dentro para fora.

Ambiente — E qual o papel da indústria cultural nisso tudo?

Houaiss — Não posso antecipar o futuro, mas evidentemente, daqui a pouco, as duas grandes redes de TV do Brasil terão cartelizado e monopolizado toda a informação no Brasil; e isso não poderá continuar, será irracional para o próprio País. Num dado momento, os legisladores brasileiros terão de tomar conhecimento disso e poderão quebrar a castanha com uma lei que seja contrária a isso tudo. Tenho esperança, sou um esperançoso obstinado. Estou com 74 anos, e não quebrei ainda minha convicção na lógica da história, ou seja, no grande espetáculo de que o capitalismo não fala. Que quero dizer com isso? Quero dizer que o homem terá, um dia, de superar essa novidade que é a exploração do homem pelo homem. Digo novidade porque a exploração do homem pelo homem se instituiu de uns seis mil anos para cá. Ou seja, durante quase dois milhões de anos o homem viveu coordenadamente e não subordinadamente. Temos de viver harmonicamente: é o único jeito de podermos sobreviver na paisagem. É preciso que harmonizemos o homem, porque a natureza está reclamando da predação humana, a natureza está reclamando contra a multiplicação abjeta do homem por si mesmo, é isso que eu quero dizer. Pois, no mais, há a possibilidade, a curto prazo, da educação. Se colocarmos todas as crianças brasileiras, que é o objetivo a ser alcançado o mais breve possível, na escola, a partir dos três, quatro anos, e lhe dermos uma assistência de no mínimo cinco, seis horas por dia, nas quais se inclua, realmente, uma prática de devoção à natureza, aí podemos ter certeza de que, em 20 anos, a mentalidade brasileira, em média, estará mudada, não tenho dúvida quanto a isso.

Toxicidade em águas do Estado de São Paulo⁽¹⁾

Pedro Antonio Zagatto²
Elenita Gherardi Goldstein³

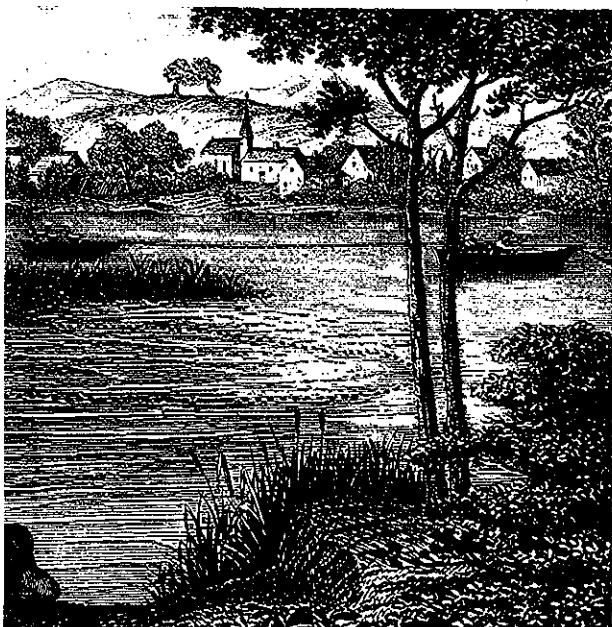
RESUMO A avaliação da toxicidade aguda das águas, por meio de testes de toxicidade com organismos aquáticos, constitui-se numa primeira tentativa de avaliar e alertar para um problema de qualidade ambiental de águas que recebem despejos domésticos e industriais. Com essa finalidade foram realizados, durante o período de outubro de 1980 a janeiro de 1985, 213 testes de toxicidade com *Daphnia similis*, com amostras de água de diversos cursos d'água do Estado de São Paulo. Dentre estas, 22 apresentaram efeito tóxico agudo, indicando, portanto, condições ambientais inadequadas à manutenção da vida aquática. Nem sempre foi possível correlacionar o efeito tóxico observado com as variáveis físico-químicas e biológicas analisadas.

Palavras Chave: Qualidade de Água, Toxicidade, *Daphnia*.

ABSTRACT Acute toxicity tests with *Daphnia similis* were run as an attempt to give evidence to an environmental quality problem in water bodies receiving domestic and industrial wastewaters. Samples from several rivers and a reservoir from the State of São Paulo were assayed from October 1980 through January 1985. Among 213 samples, 22 caused toxicity, indicating that the environmental conditions were inadequate for the maintenance of aquatic life. A correlation between toxicity and chemical and biological data was not always possible.

Key-words: Water quality, toxicity, *Daphnia*.

Os corpos hídricos de muitas regiões brasileiras, como por exemplo das que abrigam pólos industriais, vêm sofrendo uma degradação ambiental efetiva causada pelos efluentes industriais e domésticos (SEMA, 1984; Zagatto *et alii*, 1987; Cetesb, 1987).



À medida que os centros urbanos e a produção industrial se expandem, a tendência é de que essas contribuições líquidas aumentem também, caso não sejam implantados, concomitantemente a esse crescimento, sistemas de tratamento com capacidade suficiente para remoção de substâncias potencialmente tóxicas, a níveis aceitáveis para manutenção da vida aquática.

Nessas últimas décadas, muitos países, com o objetivo de reduzir as emissões de substâncias tóxicas, incluíram em suas legislações medidas que objetivaram a proteção da fauna e flora aquática (Brasil, 1976; OECD, 1984) e especialmente a preservação de peixes em geral, os quais se constituem numa importante fonte de alimento para o homem.

As medidas preventivas e corretivas para a preservação e proteção da flora e fauna aquáticas basearam-se em estudos ecotoxicológicos, por meio dos quais foram estabelecidos limites permissíveis de poluentes na água. Assim, esses limites passaram a ser utilizados com frequência no fornecimento de subsídios às ações de controle e denominados como padrões de qualidade de água e efluentes (Brasil, 1976; USEPA, 1976; Environment Canada, 1979). Entretanto, nem sempre a utilização desses padrões de qualidade, medidos através das análises físico-químicas, é su-

1. Trabalho elaborado com apoio do PROCOP, dentro do Programa de Assistência Técnica, Projeto de Capacitação Técnica de Recursos Humanos.

2. Biólogo da Cetesb.

3. Bióloga da Cetesb — Mestre pela Escola Paulista de Medicina.

ficiente para avaliar a qualidade de águas que recebem efluentes domésticos e industriais complexos. Devido à complexidade e variabilidade de compostos orgânicos e inorgânicos que podem estar presentes num mesmo efluente, ou corpo hídrico, é recomendável que a caracterização dessas águas seja complementada. Neste sentido, associados ao controle e prevenção da poluição das águas, têm sido utilizados testes de toxicidade, por meio dos quais determina-se o potencial, tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa, onde os efeitos desses poluentes são mensurados através da resposta dos organismos vivos, ou seja, por meio de testes de toxicidade.

O universo de testes de toxicidade é grande e, por razões práticas e econômicas, é preciso escolher, de forma a atender as exigências científicas e práticas, testes cujas técnicas sejam reconhecidas ou padronizadas a nível nacional ou internacional (Cabridenc, 1980). Com essa finalidade têm sido desenvolvidos e utilizados principalmente testes com peixes, microcrustáceos, algas e bactérias, sendo que alguns métodos já foram padronizados e outros estão em via de padronização.

Dentre os organismos recomendados, as espécies do gênero *Daphnia* têm sido amplamente utilizadas como organismos teste para avaliação da toxicidade de efluentes, águas continentais, lixiviados de resíduos sólidos, formulações químicas e outros, por serem organismos de fácil manutenção em laboratório e por serem sensíveis a diferentes grupos de agentes químicos (Tunstall & Solinas, 1977; Buikema *et alii*, 1980).

Assim, com o propósito de avaliar a qualidade das águas de diferentes corpos hídricos, foram realizados testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis*, utilizando amostras de água de diversos rios e de uma represa do Estado de São Paulo. Objetivou-se também, neste trabalho, fazer uma análise comparativa entre os resultados dos testes de toxicidade e os das análises físico-químicas e biológicas que são realizados periodicamente no programa anual de monitoramento da qualidade das águas.

Materiais e métodos

Dos locais que são rotineiramente amostrados, para controle de qualidade das águas, através de análises físico-químicas e biológicas, foram selecionados os seguintes pontos de rios e represa do Estado de São Paulo, codificados e descritos de acordo com Cetesb (1980; 1981; 1982; 1983; 1984):

00SP81TU2500 — Rio Turvo, na fazenda Sta. Maurá, Divisa de Nova Granada e Icém.

00SP61PA2098 — Rio Paraíba, próximo ao local da captação de água do Município de São José dos Campos.

00SP02TE4020 — Rio Tietê, na ponte da estrada que vai de Cumbica a S. Miguel Paulista.

00SP72PD2040 — Rio Pardo, ponte da rodovia Ribeirão Preto-Batatais.

00SP61PA2490 — Rio Paraíba, na ponte da Cidade de Queluz.

01SP11TE2050 — Rio Tietê, na ponte de concreto a jusante da barragem de Pirapora.

00SP03GR2100 — Rio Grande ou Jurubatuba, em Rio Grande da Serra.

00SP12CA2200 — Rio Capivari, ponte Mor, fazenda Rio Acima, no Município de Monte Mor.

01SP03BI2500 — Represa Billings, Imigrantes.

01SP04CO2500 — Rio Cotia, Barragem das Graças, Município de Cotia.

00SP13JU4270 — Rio Jundiá, no distrito de Itaici.

00SP14PI2135 — Rio Piracicaba, ponte da estrada de Americana-Limeira.

00SP14PI2215 — Rio Piracicaba, margem direita, 1,2 km a jusante da foz do Ribeirão Piracicaba Mirim.

00SP14CR2500 — Rio Corumbataí, Usina Tamandupa, em Recreio.

00SP51MO2200 — Rio Moji, ponte da rodovia Cubatão-Guarujá.

00SP15SO2120 — Rio Sorocaba, ponte na localidade de Itavuvu.

00SP42TQ2012 — Rio Taquari, ponte da rodovia Itapeva-Itararé.

00SP61PA2310 — Rio Paraíba, ponte na Cidade de Aparecida.

00SP73MG2070 — Rio Moji-Guaçu, Pádua Sales, na rodovia Leme-Conchal.

00SP81PE2500 — Rio Preto, ponte da estrada de Américo de Campos-Palestina.

00SP72PD2060 — Rio Pardo, ponte da estrada Pontal-Morro Agudo.

00SP81TU2250 — Rio Turvo, ponte da rodovia Guapiçu-Olimpia.

00SP54RB2020 — Rio Ribeira, 3 km de Itaoca, na estrada da Balsa.

Inicialmente, foram selecionados quatro rios que recebem efluentes líquidos industriais e domésticos. Amostras das águas desses rios foram coletadas mensalmente, a partir de outubro de 1980 até 1981 (Tabela 1).

Em função dos resultados obtidos, os pontos que apresentaram positividade (toxicidade) foram também amostrados nos anos posteriores.

A partir de 1982, o número de pontos de amostragem foi ampliado, para 23, sendo cada ponto amostrado alternadamente durante os anos. A frequência de amostragem está descrita na Tabela 1.

As amostras de água foram testadas com o microcrustáceo *Daphnia similis*, segundo o método ISO (1980), utilizando-se como água de diluição, água mole, reconstituída, com dureza de 40 a 48 mg/L, expressa em Ca CO₃.

Os resultados dos testes de toxicidade foram expressos em termos de porcentagem da amostra que causa 50% da imobilidade dos organismos teste, em 24 horas de exposição (CE50, 24h). Os valores de CE50 foram determinados através do método estatístico Spearman-Kärber, descrito por Hamilton *et alii* (1977).

Os dados das análises físico-químicas para comparação dos resultados foram obtidos dos relatórios Cetesb (1980, 1981, 1982, 1983, 1984).

Resultados

Das 213 amostras de água testadas, 22 apresentaram efeito tóxico agudo para *Daphnia similis*. Os resultados dos testes de toxicidade, bem como os resultados das análises físico-químicas e biológicas desses pontos, constam na Tabela 2.

Na Figura 1 estão representados o número total de amostras testadas e a frequência de ocorrência de toxicidade nos diferentes pontos.

Tabela 1 — Freqüência de amostragem de água

Ponto de Anostragem	Ano/Reses:	1980	1981	1982	1983	1984	1985
00SP02TE4020		X	X	X	X	X	X
01SP11TE2050		X	X	X	X	X	X
00SP61PA2490		X	X	X	X	X	X
00SP03GR2100		X	X	X	X	X	X
00SP12CA2200							
01SP03B12500							
01SP04B02500							
00SP13JU4270							
00SP14P12135							
00SP14B12215							
00SP14CR2500							
00SP51M02200							
00SP15S02120							
00SP42Y2012							
00SP61PA2310							
00SP73N32070							
00SP72PD2060							
00SP81PE2500							
00SP31TL2250							
00SP54R20320							
00SP81TU2500							
00SP61PA2090							
00SP72PD2040							

Tabela 2 — Resultados físico-químicos e biológicos das amostras de água que apresentam efeito tóxico agudo a DAPHNIA

Variáveis mg/l	00SP61PA2490				00SP61PA2310	00SP03GR2100					
	NOV/80	NOV/81	AGO/82	DEZ/82	JUN/83	JAN/81	FEV/81	ABR/81	SET/81	DEZ/81	FEV/83
CE50:24h.Z	72	IT	IT	IT	49	12	51	entre 10-90	IT	IT	IT
O80	2	1	1	2	1	4	2	3	2	2	6
Coliforme total	230	33000	3300	3300	49000	110	3300	140	7900	13000	3300
Coliforme fecal	230	33000	3300	3300	2200	7	230	22	350	13000	2300
Nitrogênio total	1,08	2,41	1,32	1,32	1,02	2,04	0,74	1,06	2,44	2,22	0,085
Fósforo total	0,107	0,141	0,127	0,134	0,141	0,065	0,06	0,085	0,11	0,075	0,205
Resíduo total	90	158	95	143	165	164	145	206	260	146	121
Turbidez (UFT)	25	69	27	73	130	17	5	5	8	19	30
Bário	0,002	0,01	ND	ND	0,05	0,004	ND	0,003	0,047	0,01	0,03
Cádmio	ND	0,001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,07	0,001	ND
Chumbo	0,001	0,001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,012	0,01	0,01
Cobre	0,003	0,01	0,01	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,022	0,001	ND
Cromo	0,002	0,01	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	0,003	0,001	ND
Estanho	ND	0,001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,003	0,001	ND
Mercurio	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0016	0,0038	0,0023
Zinco	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,01	0,006	0,01	0,06	0,04	0,02
Fenol	0,0007	0,0007	0,0025	0,001	0,001	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,001
Ferro	0,09	0,76	0,36	1,19	6,9	0,002	0,001	ND	0,011	0,06	3,9
Manganês	0,04	0,07	0,07	0,09	0,07	0,005	0,05	0,13	0,24	0,17	0,09
Níquel	0,002	0,02	0,02	0,02	0,01	0,005	ND	ND	ND	0,01	ND
Cloreto	7	5,6	4,9	5,6	2,9	54	51,9	84,2	116	37	21,8
D80	7	14	15	12	14	49	19	15	16	24	33
Surfactantes	0,09	0,05	0,04	0,04	0,08	0,13	0,07	0,09	0,09	0,1	0,05
N.Nitrato	0,23	1,7	0,71	0,31	0,11	0,12	0,03	0,15	1,12	0,01	0,18
N.Nitrito	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,005
N.Amoniacal	0,11	0,26	0,08	0,11	0,3	0,13	0,02	0,06	0,35	0,04	0,25
N.Kjeldahl	0,04	0,7	0,6	1	0,9	1,9	0,7	0,9	1,3	1,4	0,7
Resíduo Fixo	67	125	67	117	140	136	114	179	226	108	83
Resíduo Volátil	23	33	28	26	25	28	31	27	42	38	38
pH	6,6	6,4	6,5	6,9	5,9	8,5	7,2	7,6	5,2	6,6	6,3
OD	7	6,8	8	6,5	5,2	9,3	1,2	9,6	6,5	5,7	2,9

00SP02TE4020	00SP51NO2200						00SP04002500	00SP14CR2500	00SP73062070	00SP54082020
JUL/81	MAR/82	NOV/82	NOV/83	MAR/84	JUL/84	NOV/84	MAR/82	FEV/83	ABR/83	NOV/83
IT	IT	IT	IT	73	IT	37	IT	IT	23	IT
18	1	1	1	1	2	1	11	2	1	1
940000	1700	7900	79000	460	2400000	33	13	220000	2200000	7900
79000	4900	4900	3100	230	920000	5	2	170000	1100000	7900
4,86	9,1	11,6	10,2	10,9	50,5	41,2	0,53	1,04	1,06	0,39
0,305	4,5	6,3	1,4	1,2	16	17,5	0,02	0,020	0,036	0,02
374	196	244	167	147	413	269	41	224	125	92
36	38	25	10	2	23	2,5	6,5	80	37	40
0,003	0,01	ND	0,5	0,05	0,05	0,1	-	0,07	0,02	0,50
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND
0,004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND
0,01	0,01	ND	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,02	0,01	ND
0,002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,01	ND	ND
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND
0,0006	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	-	0,00020	0,00020	0,0002
0,28	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,06	-	0,02	0,02	0,01
0,026	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	0,001	0,003
0,744	0,19	0,01	2,21	1,2	4,2	1,34	-	9,44	6,28	3,54
0,17	0,55	0,8	0,52	0,54	1,05	0,63	-	0,3	0,18	0,07
0,006	ND	ND	0,01	ND	ND	0,03	-	0,02	ND	0,01
60,1	14	9	9	9	22	17	2	2	4,5	2
118	9	6	2	1	16	9	14	18	11	17
0,65	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	-	0,06	0,16	0,04
1,9	5,88	6,27	6,38	5,58	12,4	13,2	0,02	0,21	0,14	0,08
0,26	0,02	0,03	0,02	0,02	0,06	0,02	0,005	0,01	0,01	0,01
0,83	1,8	4	2,7	4,7	30	29	0,06	0,1	0,13	0,05
2,7	3,2	5,3	3,8	5,3	38	28	0,5	0,02	0,01	0,3
247	122	156	92	107	259	159	-	179	99	63
127	74	88	75	40	154	110	-	45	26	29
5,6	5	4,6	5,4	3,5	5,5	1,0	6,2	6,8	6,8	7,2
0,2	7,9	7,4	9	8,1	8	8,1	7,1	8,2	6,6	6,2

IT = Índices de Toxicidade — = Análise não efetuada — ND = Não detectado

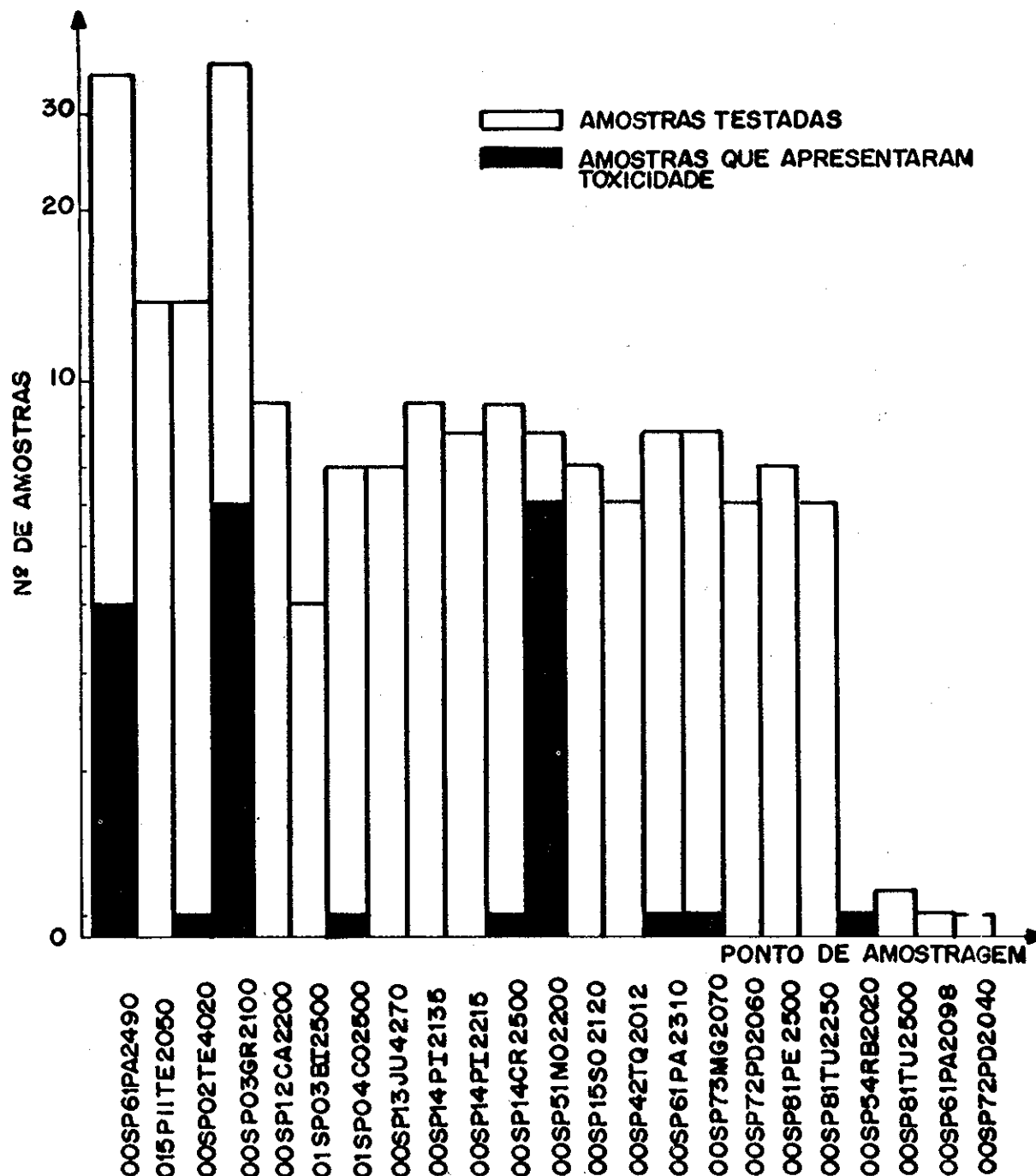
Dessas 22 amostras foi possível determinar a CE50; 24h, de apenas oito. Nas demais ocorreu menos de 50% de imobilidade dos organismos teste, na concentração teste mais elevada, de 90%. Este efeito foi considerado como indício de toxicidade (IT), o que sugere a existência de toxicidade crônica na amostra.

elucida uma situação mas não identifica a causa e, para que se possa melhor correlacionar efeito tóxico e níveis de poluentes presentes na água, será feita, a seguir, uma análise comparativa entre os resultados das amostras que apresentaram toxicidade para *Daphnia* e os resultados das variáveis físico-químicas e biológicas analisadas, para cada ponto (Tabela 2).

Discussão

A toxicidade, detectada por meio dos testes realizados,

Figura 1 — Número de amostras testadas e número de amostras que apresentaram toxicidade, nos diversos pontos de coleta.



Rio Paraíba do Sul, na ponte da Cidade de Queluz: 00SP61PA2490

Durante o ano de 1980, o número de coliformes total e fecal nas amostras mensais do Rio Paraíba variou de $1,1 \times 10^3$ a $7,9 \times 10^4$, exceto no mês de novembro, cujos valores de NMP/100 de coliformes fecais e totais foram 230, quando foi detectada toxicidade a *Daphnia*.

Estes resultados poderiam sugerir que o agente tóxico presente na amostra, responsável pela toxicidade a *Daphnia*, CE50; 24h = 72%, teria sido também o responsável pelo baixo número de coliformes na água, constituindo-se, na concentração em que se encontrava na amostra, em um agente bactericida ou bacteriostático.

A toxicidade neste ponto foi detectada na mesma época e ano, em dois anos consecutivos nos meses de novembro de 1980 e novembro e dezembro de 1981.

Nas amostras de nov/81, agosto e dezembro de 82, o teor de cobre detectado estava a um nível suficientemente elevado para causar efeito agudo a *Daphnia* (Tabela 2), mas esses mesmos níveis foram encontrados em outras amostras deste mesmo ponto; e que não apresentaram toxicidade. Cabe mencionar que esses níveis referem-se a cobre total e que este resultado pode englobar diferentes formas específicas de cobre, cada qual com sua toxicidade, que varia também em função das características da água. A toxicidade do ion Cu^{++} a *Daphnia*, expressa em CE₅₀; 24h, é de 0,01 mg/L (CETESB 1986b).

É possível que a toxicidade detectada esteja relacionada com algum agente tóxico liberado pelas indústrias localizadas a montante desses pontos, como também oriundos dos despejos domésticos da região ou das atividades agrícolas, em alguns meses específicos.

O Vale do Paraíba, no eixo São Paulo — Rio de Janeiro, é bastante industrializado, destacando-se as indústrias do tipo moderno como metalúrgica, mecânica, material elétrico, química e de papel, sendo que os maiores centros industriais encontram-se na região de São José dos Campos, Guaratinguetá, Pindamonhangaba, Caçapava, Jacareí, Cruzeiro, Piquete e Lorena (Cetesb, 1981). Essas indústrias geram despejos líquidos com as mais diversas características, podendo aparecer em sua composição desde materiais inertes até substâncias altamente tóxicas, que não são analisadas em programas rotineiros de controle de poluição. (Lisboa, 1981).

Além dos despejos líquidos industriais, o Rio Paraíba recebe uma carga orgânica de 23 municípios que lançam, "in natura", seus despejos domésticos na região (Cetesb, 1984).

Rio Grande ou Jurubatuba, em Rio Grande da Serra: 00SP03GR2100

Neste ponto, seis amostras apresentaram toxicidade aguda a *Daphnia*, sendo cinco do ano de 1981 e uma de 1983.

Observa-se, pelos dados da Tabela 2, baixos valores de coliformes totais e fecais na amostra do mês de janeiro de 81 e baixos valores de coliformes fecais nas amostras de fevereiro, abril e setembro de 1981. Esses foram os valores mais baixos do ano. Em outubro, a amostra não foi tóxica, embora o valor de coliforme fecal tenha sido igualmente baixo (NMP = 170). Neste ano, os valores de coliformes fecais variaram, exceto para os meses citados, de $3,3 \times 10^3$ a $1,3 \times 10^4$.

Várias hipóteses podem ser formuladas para explicar os baixos valores de coli fecal. Os dados de literatura mostram, por exemplo, que as bactérias do grupo coliforme total são mais resistentes às condições naturais do ambiente aquático do que as do grupo fecal (Kabler & Clark, 1961). Portanto, poder-se-ia supor como sendo natural o baixo nível de coli fecal no curso d'água, desde que se conhecesse a distância entre a fonte emitente da poluição e o ponto de coleta, para se avaliar o tempo de permanência desses na água. Butterfield *et alii*, 1943; Kabler & Clark, 1961 e Cetesb, 1986a, mostram que os coliformes fecais são mais sensíveis ao cloro do que os totais. Este fato sugere também, que outras substâncias presentes nas amostras poderiam ser tão seletivas quanto o cloro.

Apesar dos baixos valores de oxigênio dissolvido nas amostras de Fev. 81 e Fev. 83, a toxicidade verificada não se deve a essa característica da água, pois a *Daphnia* suporta baixos valores de oxigênio dissolvido.

Nessa região, localiza-se um complexo industrial que lança, através de seus despejos, compostos potencialmente tóxicos, que podem eventualmente atingir níveis, que apresentem toxicidade a organismos aquáticos (Cetesb, 1981).

Rio Tietê. Ponte na estrada de Cumbica-São Miguel Paulista: 00SP02TE4020.

Somente a amostra de Julho/81, apresentou toxicidade aguda a *Daphnia*, sendo que os teores de N-nitrato e DQO foram os mais elevados do ano. As demais amostras, que não causaram efeito tóxico agudo a *Daphnia*, apresentaram também níveis de contaminação similares aos de julho/81.

Os níveis de N-total, P-total, resíduo total, zinco, cloreto, DQO, surfactantes, fenol, N-nitrito e resíduo fixo, foram os mais altos em relação aos demais pontos estudados, à exceção do ponto nº 00SP51MO2200. (Tabela 2).

Este ponto situa-se numa região que recebe o aporte de esgotos domésticos e industriais da região de Moji das Cruzes, Poá, Suzano e outros, até Cumbica. Devido à grande diversidade de contribuições neste rio, é difícil obter informações sobre a natureza dos agentes tóxicos que possam eventualmente estar presentes na água.

Rio Moji, na ponte da rodovia Cubatão-Guarujá: 00SP51MO2200

Das oito amostras testadas, seis apresentaram toxicidade aguda a *Daphnia* e dentre os pontos amostrados este foi o que apresentou maior frequência de positividade (Figura 1). Dessas amostras positivas, três estavam com pH inferior a 5. Além dos baixos valores de pH, 4,6; 3,5 e 1,8 nas amostras de novembro/82, março e novembro/84, respectivamente, que explicariam a toxicidade detectada, foram observados também altos níveis de P, N-total, manganês, N-nitrato e N-amoniaco.

Nas amostras de março e novembro de 84, onde os valores de pH foram os mais baixos, 3,5 e 1,8, verificou-se também os mais baixos valores de coliformes totais e fecais.

Em trabalho realizado pela Cetesb (1986b) com amostras de água e sedimento do rio Moji, deste mesmo ponto de amostragem, verificou-se que a água desse rio caracteriza-se por valores baixos de pH, devido às contribuições industriais, e apresenta toxicidade aguda a *Daph-*

nia. O rio, a montante desse ponto, recebe contribuições líquidas provenientes de duas indústrias, cujos efluentes são característicos pelos baixos valores de pH, altos níveis de N, P e fluoretos.

Rio Corumbataí, Usina Tamandupa, em Recreio: 00SP14CR2500

O indício de toxicidade detectado na amostra de fev/83 pode estar associado aos altos teores de ferro, 9,44 mg/L, e cobre, 0,02mg/L, pois valores de CE50 desses elementos *Daphnia magna* são 9,6mg/L e 0,01 mg/L respectivamente. (Cetesb, 1987).

Rio Moji-Guaçu-Pádua Sales, na rodovia Leme-Conchal: 00SPZ3MG2070

Pelos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que a amostra do Rio Moji, no mês de abril, apresentou elevado número de coliformes totais e fecais, evidenciando poluição orgânica acentuada em relação aos demais pontos. Verificou-se também um valor relativamente alto de ferro total na amostra. Apesar de ser alto, esse valor não explicaria a alta toxicidade da água, pois 24,5% de água do rio, diluída em água de boa qualidade, causou 50% de imobilidade dos organismos-teste.

Quanto às contribuições neste rio, a carga poluidora residual dos despejos industriais é superior à totalidade dos esgotos domésticos das cidades da região (Cetesb, 1984).

Pontos 00SP61PA2310 (Rio Paraíba); 00SP54RB2020 (Rio Ribeira de Iguape) e 01SP04C02500 (Rio Cotia)

Os resultados positivos dos testes de toxicidade com amostras desses pontos indicam a presença de agentes químicos em concentrações tóxicas a *Daphnia*. No entanto, os resultados das variáveis físico-químicas analisadas não permitem explicar a toxicidade detectada. Outras substâncias não analisadas poderiam estar presentes e serem responsáveis pelo efeito tóxico agudo.

No Rio Cotia, a baixa dureza total da água, 3 mg/l, pode ter interferido no resultado (Cetesb, 1986c).

Considerações finais

Testes de toxicidade têm sido utilizados, em vários países, com o objetivo de se detectar problemas de poluição das águas. Na Alemanha, testes com *Daphnia* vêm sendo aplicados em trabalhos de monitoramento de águas receptoras (Karbe, 1984).

Em estudos realizados no Canadá, através das análises físico-químicas e ecotoxicológicas das águas e sedimentos, a Environment Canada (1982) concluiu que um de seus rios estava sofrendo impacto, numa área de 40 quilômetros de extensão, e que a degradação ambiental detectada era causada por um despejo líquido da atividade de mineração.

Elemens & Summers apud Stubblefield and Maki (1986) realizaram testes de toxicidade utilizando diferentes espécies de organismos aquáticos, em laboratório e "in

situ", com efluente de refinaria de petróleo e com a água do corpo receptor. Estes autores verificaram que os valores de CL50 do efluente em estudo, obtidos em testes laboratoriais, variaram de 17 a 33, enquanto no campo (água do corpo receptor) obtiveram valores de CL50 de 21,6%. Os autores conduziram um programa de monitoramento da biota no corpo receptor, sendo que os resultados do estudo mostraram a inexistência de peixes na região onde foi observada toxicidade aguda na água (CL50). Observaram também que a diversidade de espécies aumentava a alguns quilômetros a jusante do lançamento.

Por outro lado, Cabridenc & Lundahl (1974) em estudo realizado com águas superficiais de sistemas límnicos, na França, utilizando testes com *Daphnia*, mostraram a inexistência de toxicidade aguda das amostras de águas testadas, mesmo quando essas apresentaram sinais evidentes de poluição. Este fato foi também observado neste trabalho com amostras de água de pontos de vários rios que se encontram poluídos, principalmente pelos altos níveis de nitrogênio, fósforo, ferro etc.

Embora, muitas vezes os contaminantes estejam presentes em concentrações elevadas, nem sempre é possível correlacionar seus níveis com a toxicidade aguda da água aos organismos, principalmente se o nível do contaminante analisado for o resultado da sua forma total na água. Sabe-se que, para que um xenobiótico seja assimilado e cause um efeito tóxico aos organismos aquáticos, é preciso que este esteja na sua forma dissolvida ou disponível à biota (Rand & Petrocelli, 1985).

Experimentos realizados por Andrew *et alii* (1977), mostraram que a adição de substâncias inorgânicas alcalinas à água, reduz a toxicidade do cobre. Verificaram também que a toxicidade do cobre é uma variável independente da concentração total deste na água, pois, o íon cúprico pode ser liberado de complexos inorgânicos e seus efeitos podem ser sinérgicos. Por exemplo: o alumínio e o cobre são mais tóxicos em águas com pH mais elevado, enquanto o ferro é mais tóxico em águas com valores menores de pH (Dave, 1985).

Vários autores têm investigado os efeitos da toxicidade de metais a organismos aquáticos em diferentes tipos de água, sendo que muitos deles observaram que a dureza das águas influencia a toxicidade desses metais (Calamari *et alii*, 1980), assim como a presença de quelantes na água (Biesinger *et alii*, 1973 apud Andrew *et alii*, 1977).

Portanto, a biodisponibilidade das substâncias tóxicas é influenciada, tanto por fatores inerentes aos contaminantes, como, por exemplo, por propriedades físico-químicas, como também por fatores ambientais existentes. Assim, dentre esses fatores mais importantes deve-se citar a adsorção aos sólidos suspensos e sedimentos, formação de suspensão coloidal, quelação, complexação, volatilização como também a relação entre área/volume de água, temperatura, vazão, pH, tamanho da partícula do sedimento etc. (Rand & Petrocelli, 1985)

Considerando que o teste realizado com *Daphnia similis* é destinado à determinação da toxicidade aguda das águas, e que muitas das amostras apresentaram efeito tóxico ao nível de detecção do método aplicado, expresso como indício de toxicidade, recomenda-se a aplicação de testes mais sensíveis que permitam detectar o efeito a níveis subletais, como por exemplo testes crônicos com microcrustáceos (*Ceriodaphnia*) e peixes.

Conclusões

Embora os atuais parâmetros normalmente analisados para a estimativa da qualidade das águas possam estar, na sua maioria, de acordo com os limites previstos em lei, esta situação não exclui a possibilidade de que a água seja inadequada a pelo menos alguns usos múltiplos a que possam se destinar, pois águas que apresentam toxicidade aguda indicam que as condições ambientais são inadequadas para a manutenção da vida aquática.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Farm. Bioq. Rosalina P. A. Araújo e à Quim. Maria Helena R. B. Martins pelo apoio técnico durante a execução deste trabalho, e à Dra. Marion G. Nipper pela revisão do texto.

Referências Bibliográficas

- ANDREW, R. W. et alii. Effects of Inorganic complexity on the toxicity of copper to *Daphnia magna* Water Research, 11, 309-315. 1977.
- BRASIL. Portaria GM/nº 0013, de 15 janeiro/76. in.: CETESB. Legislação Básica. Poluição Ambiental Estadual e Federal. São Paulo, 1982, 162p.
- BUIKEMA, A.L. Jr. et alii. "Daphnia toxicity Tests". Aquatic invertebrate bioassays, ASTM STP 715, A.L. Buikema, Jr. and John Cairns Jr., Eds., American Society for Testing and Materials, 1980, 48-69.
- BUTTERFIELD, C.T. et. alii. Influence of Ph and temperature on the survival of coliforms and enteric pathogens when exposed to free chlorine. Reprint nº 2530 from the Public Health reports. Vol. 58, (51):1837-1866. 1943.
- CABRIDENC, R. & LUNDAHL, P. Intérêt et limites d'un "test daphnie" pour l'étude des nuisances des polluants vis-à-vis de l'environnement. I.S.M. L'EAU, 69 (6):340-345. 1974.
- CABRIDENC, R. Representativité et signification des espèces retenues au stade laboratoire pour évaluer les effets d'une substance chimique dans l'environnement aquatique. Simposio "Principes à appliquer pour, l'interprétation des résultats d'essais en Ecotoxicologie. Sophia Antipolis, Valbonne, 30 Septembre à 2 Octobre, 1980.
- CALAMARI, D. et alii. Influence of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* Rich. Water Res. 14, 1441-1426. 1980
- CETESB. Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB. 1980-4. 5 v.
- . Pós tratamento de efluente de digestor anaeróbico de fluxo ascendente tratando esgotos domésticos. São Paulo, CETESB. 1986(a). 61p.
- . Avaliação da Toxicidade das águas, sedimentos dos rios e efluentes industriais da região de Cubatão. São Paulo, CETESB. 1986(b). 226p.
- . Desenvolvimento de métodos para o estabelecimento de critérios ecotoxicológicos. Relatório final-1983. Vol. 1 São Paulo, CETESB. 1986(c). 174p.
- . Avaliação da toxicidade de despejos industriais na região da Grande São Paulo. São Paulo, CETESB, 1987. 92p.
- DAVE, G. The influence of pH on the toxicity of aluminum, cadmium and iron to eggs and larvae of the zebrafish, *Brachydanio rerio*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 10, 253-267. 1985.
- Environment Canada. Water Quality Sourcebook. A guide to water quality parameter. 1979. 88p.
- Environment Canada. Impact des activités minières sur l'écologie des rivières aux Pékans et Moisie. Rapport nº SPE 8-RQ — 82-1F. Région du Québec. 100p. 1982.
- HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C., and THURSTON, R.V. Trimmed Spearman-Kaber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. Environ. Sci. Technol. 11(7): 714-719. 1977.
- ISO. Water quality. Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). International Organization for Standardization, Paris, Ref. nº ISO/DIS 6341.
- KABLER, P.W. & CLARK, H.F. Coliform group and fecal coliform organisms as indicators of pollution in drinking water. Journal American Water Works Association, 53(6): 1577-1579. 1961.
- KARBE, L. Biological monitoring of water in the Federal Republic of Germany. Regulatory approaches and methods for effluent testing and assessment of receiving waters, in: Proceedings of the International Workshop on Biological testing of effluents (and related receiving waters). OECD, September 10-14, Duluth, Minnesota, USA, 123-131. 1984.
- LISBOA, L.M. et alii. Potencial poluidor das indústrias químicas e farmacêuticas no Vale do Paraíba — trecho Paulista. XI. Congresso Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental. CEARÁ. 1981.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development. Proceedings of the international workshop on biological testing of effluents (and related receiving waters). September 10-14, Duluth, Minnesota, USA. 1984. 367p.
- RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R. Fundamentals of Aquatic Toxicology G.M. Rand and S.R. Petrocelli (Eds). Hemisphere Publishing Corporation, Washington. 1985. 666p.
- SEMA, Secretaria Especial do Meio Ambiente, Brasília. Relatório da qualidade do meio ambiente. Brasília, 1984. 276p.
- STUBBLEFIELD, W.A. & MAKI, A.W. Environmental safety assessment of oil refinery effluents in: Environmental hazard assessment of effluents. Eds. Harold Bergman, et al. Cap. 23, 282-276. 1986.
- TUNSTALL, E.W. & SOLINAS, M. *Daphnia pulex* its weight in pulp mill toxicity tests. Pulp & Paper Canada. 78(4): 84-90. 1977.
- U.S.EPA. Quality criteria for water. Washington. DC. 20460. 1976. 256 p.
- ZAGATTO, P.A.; GHERARDI-GOLDSTEIN, E.; BERTOLETTI, E.; LOMBARDI, C.C.; MARTINS, M.H.R.B. and RAMOS, M.L.L.C. Bioassays with Aquatic Organisms: toxicity of water and sediment from Cubatão river basin. Wat Sc. Tech. Vol. 19(11): 95-106. 1987.

Incentivos econômicos para controlar a poluição

Aurélio Libanori¹

RESUMO Estados Unidos, França, Alemanha e outros países utilizam mecanismos e incentivos econômicos para implementação de suas políticas de controle de poluição.

Há pelo menos três razões econômicas para utilização destes mecanismos. Estas razões são as seguintes:

- alguns recursos ambientais são bens públicos, assim, em termos gerais, os poluidores não têm interesse em realizar investimentos em controle ambiental;
- o sistema de preços falha na internalização dos custos dos danos da poluição. Assim, estes custos permanecem externos aos preços e os custos da poluição são partilhados por toda a sociedade;
- o ar, as águas e de algum modo o solo, não têm proprietários. Deste modo todos podem usá-los e em termos individuais, ninguém está preocupado com os danos causados. Isto é conhecido como a *tragédia dos bens comuns*.

Uma outra razão para utilização destes mecanismos são as fronteiras de possibilidades do sistema tradicional de controle de poluição. Assim, as razões acima podem induzir os poluidores a tentar retardar os investimentos em controle de poluição.

De modo a dar mais eficiência às políticas de controle de poluição, alguns países combinam mecanismos econômicos e o controle tradicional desta.

Estes mecanismos econômicos são os seguintes: sistema de taxação, concessão de benefícios aos poluidores e mecanismos de mercado. A utilização destes mecanismos muda o papel do Estado na sua tarefa de controle de poluição.

ABSTRACT United States, France, Germany and other countries utilize economic mechanisms and incentives in the implementation of their pollution control policies.

There are, at least three economic reasons for the utilization of such mechanisms. These reasons are the following:

- some environmental resources are public goods, so in general terms polluters don't have interest to make investments in environmental control;
- the price system fails to internalize the costs of pollution damages. So their costs remain external to the prices, and then these costs are shared by the society;
- air, water and in some way the soil don't have owners. So everybody can use them and in individual terms nobody is concerned with the damages that is causing. This is known as the *tragedy of the commons*.

Another reasons for the utilization of such mechanisms are the boundaries of possibilities of the pollution control traditional way. So the reasons above can induce polluters to try to postpone the investments in pollution control.

In order to give more efficiency to pollution control policies, some countries mix economic mechanisms and pollution control traditional way.

These mechanisms are the following: tax system, benefits to the polluters and market mechanisms.

The utilization of such mechanisms changes the rule of the State on its task of pollution control.

1. Introdução e Objetivo

Em sua edição de 27 de maio do corrente, o Jornal "Folha de S. Paulo" publicou matéria sob o título "Mercado Antipoluição". Nesta matéria era comentado um pacote antipoluição, aprovado pelo Congresso Norte-Americano, dando-se destaque à criação de um determinado mecanismo econômico, de estímulo ao controle de poluição, os "Direitos de Poluir". Em um trecho da reportagem se afirma: "Como se vê, o espírito de solução adotada pelo Congresso Norte-Americano é modelar. De um lado, constata-se a necessidade de intervenção em face da insuficiência do mecanismo de mercado para dar conta, por si só, do problema ambiental. De outro, e mais importante, não se substitui o mercado por um emaranhado de regulamentos que trazem em sua esteira os órgãos de fiscalização e, inexoravelmente, os estímulos à transgressão..."



Além dos Estados Unidos, que adotaram o mecanismo citado, muitos países como França, Alemanha, China, entre outros, adotam em suas políticas de controle de poluição mecanismos e incentivos econômicos de indução a esse controle, tais como: taxação da poluição, concessão de benefícios aos poluidores.

A adoção pela política de controle de poluição de instrumentos econômicos, visa inclusive a dar uma maior eficácia a essas políticas, ou seja, harmonizar respostas mais rápidas dos agentes poluidores, no sentido da implantação de soluções de controle e a realização do controle de poluição a menores custos, tanto para o poder público, como para a empresa e seus consumidores.

1. Economista da Cetesb e coordenador dos projetos do Programa de Financiamento ao Controle do PROCOP — Programa de Controle da Poluição.

A abertura de importações trará ao Brasil produtos dos países citados, o que poderá ser um convite a um exame sobre a oportunidade de se adotarem, no Brasil, tais mecanismos. Aliás, o Banco Mundial vem recomendando ao país, estudos para se avaliar e discutir essa possibilidade.

Considerando, pois, a atualidade do tema, este artigo objetiva discorrer sobre os vários instrumentos econômicos adotados para estimular o controle de poluição, abordando: a concepção teórica destes instrumentos; sua aplicação; alcance e limites.

2. Por que adotar Instrumentos Econômicos nas Políticas de Controle de Poluição?

Há basicamente três razões econômicas para que sejam adotados instrumentos econômicos nas políticas de controle de poluição.

A primeira razão é a classificação que a teoria econômica dá a alguns recursos ambientais, como o ar e as águas. Estes, para a teoria econômica, são bens públicos, ou seja, são bens que produzem benefícios que não podem ser negados àqueles que não pagam por sua utilização. Desta forma, o interesse privado não tem estímulo para investir na preservação ou melhoria de algo que, em primeira instância, atenderia ao interesse social. Isto explica a demora que algumas vezes ocorre para implantação de soluções de controle por parte de empresas poluidoras. Assim, a sociedade pode dotar sua política de controle da poluição ambiental de instrumentos econômicos, que atingindo o interesse privado, induzam mais rapidamente à adoção de soluções de controle.

Uma segunda razão, para a adoção destes, é o fato de que o sistema de mecanismo de preços, instrumento balizador da economia de mercado, por si só não capta adequadamente os custos impostos a terceiros, pela degradação ambiental decorrente da utilização de processos produtivos poluidores. Portanto, o preço de mercado de bens, cujo processo produtivo é poluidor, não reflete os danos causados à sociedade por sua produção.

Desta forma, os preços, ao não refletirem os custos ambientais, não exercem adequadamente sua função racionalizadora no mercado, gerando-se produção e consumo de produtos cujo processo produtivo, ou de consumo, é poluidor, em volume inadequado à capacidade de absorção do meio. Vem daí que a sociedade pode dotar sua política ambiental de instrumentos econômicos, que obrigando o poluidor a considerar os custos impostos ao meio ambiente, induzam a que esses implantem rapidamente soluções de controle, deixando de repartir o custo ambiental, com o conjunto da sociedade.

Uma terceira razão para a adoção destes mecanismos é dada pela dificuldade em se estabelecer direitos de propriedade sobre os recursos ambientais águas e ar (e de certa forma também o solo). Como ninguém possui direitos de propriedade sobre estes, todos procuram utilizá-los, sem autolimitar esta utilização, privatizando os benefícios da utilização do recurso e impondo os custos à sociedade, levando ao que, já em 1868, Garret Hardin chamou "A tragédia dos bens comuns". Assim, mecanismos como o de "Direitos de Emissão", visam a estimular o interesse privado atribuindo àqueles que possuem esse direito a possibilidade de negociar sua "quota" de emissão. Desta forma, em princípio, todos procurariam controlar a maior quantidade possível de poluentes, para adquirir mais "Direi-

tos de Emissão" para negociar com outras empresas, estabelecendo-se direito de propriedade sobre a parcela excedente de poluição controlada.

Finalmente, além das razões de natureza essencialmente econômica expostas acima, as limitações da forma tradicional do Estado exercer o controle de poluição, baseado no sistema "command control" (autuações, concessão de prazos, vistoria), levam a que diversos países procurem dotar esse sistema com os instrumentos econômicos citados, para superar as limitações próprias do sistema.

As limitações desse sistema tradicional são as seguintes:

- tendência a demora por parte de algumas empresas em atenderem às exigências de controle, porque durante o prazo em que o problema ambiental não está solucionado, estas não são penalizadas monetariamente, havendo regras específicas para aplicação de multas pontuais ou diárias;
- incentivo à adoção, pelas empresas poluidoras, de equipamentos de controle da poluição, em lugar da adoção de tecnologias não poluidoras, uma vez que se concede ao poluidor uma margem para emitir após o controle, emissão esta pela qual ele não é penalizado;
- custos de fiscalização para a sociedade, porque, como as empresas adotam equipamentos de controle de poluição em lugar de processos produtivos não poluidores, o Estado é obrigado, periodicamente, a vistoriar estes equipamentos, para verificar suas condições de operação; e
- imposição de conflitos de crescimento para as regiões que estão no limite do padrão de qualidade para um determinado poluente. Nestas condições, ou não se permite novas indústrias na região, ou se solicita que as empresas já implantadas nesta, adotem padrões de emissão mais rígidos, para dar espaço às novas indústrias ou ampliações, sendo que qualquer das duas alternativas acarretará problemas de crescimento para a região.

A conjugação do sistema tradicional de controle de poluição com os instrumentos econômicos pode permitir: soluções mais rápidas dos problemas de poluição; a implantação de tecnologias não poluidoras; redução dos custos de controle por parte do Estado; abertura de possibilidade de crescimento sem aumento de emissões; redução dos custos de controle para as empresas, aumentando a competitividade destas no mercado; estímulo à adoção espontânea de soluções de controle de poluição.

3. Os Mecanismos Utilizados

Na sequência serão apresentados e analisados os diversos instrumentos econômicos de controle de poluição e citados os países e a situação em que estes são aplicados.

3.1. A taxação

O ponto de partida para o mecanismo da taxação é a constatação de que os custos ambientais não são espontaneamente apropriados pelos agentes poluidores ao preço do produto. Deste modo, os adeptos da utilização deste mecanismo defendem a aplicação de taxas aos processos produtivos poluidores, de modo que estes passem a incorporar o custo dos danos ambientais causados.

Em linhas gerais, o efeito deste aumento de custo de produção é levar a uma redução dos níveis de produção do produto, até o ponto em que a quantidade produzida sem controle de poluição fosse aquela assimilável pelo meio,

o que induziria o agente poluidor a implantar sistemas de controle de poluição, para poder produzir volumes maiores de produto.

As principais vantagens da taxação são as seguintes:

- no caso de poluição das águas ou por resíduos sólidos pode permitir às empresas escolherem o nível em que desejam tratar seus efluentes e resíduos, gerando-se através da taxação da parcela não tratada recursos que podem permitir à sociedade viabilizar o tratamento da parcela remanescente dos resíduos. Isto permite conjugar controle ambiental e redução dos custos de controle ambiental para as empresas;
- pode propiciar a formação de fundos de financiamento para o controle de poluição;
- permite o atendimento ao "polluter pays principle", estabelecendo a responsabilidade monetária do poluidor pelo dano causado ao meio ambiente;
- pode induzir a adoção de tecnologias produtivas não poluidoras, em lugar de equipamentos de controle de poluição; e
- obrigam o agente poluidor a considerar em seu custo de produção os danos ambientais causados.

O mecanismo de taxação, apesar das vantagens que oferece, apresenta três questões que devem ser cuidadosamente analisadas para sua implementação:

- a primeira questão é a dificuldade política para sua implementação, na medida em que os agentes poluidores vão opor resistência ao mecanismo, uma vez que inicialmente entendem que este pode significar custos adicionais de produção;
- a segunda questão é relativa à quantidade de informações sobre a dinâmica ambiental, necessária à implantação deste instrumento, uma vez que o dano da poluição não é apenas função da quantidade emitida de poluentes; e
- a terceira questão é relativa à determinação do valor da taxa.

Quanto a esta última, o valor ideal da taxa é aquele que representa o montante dos danos causados pela poluição. Isso significa, entretanto, que será preciso levantar todos os efeitos da poluição e atribuir valores a esses efeitos relativamente à saúde, aos materiais e às propriedades.

Tendo em vista as dificuldades para se determinar o valor da taxa pelo montante dos danos causados, a "second best solution" indica a alternativa de se determinar o valor da taxa, através dos custos de controle da fonte de poluição. Quanto a essa possibilidade, o nível de informação hoje disponível na Cetesb indica que é perfeitamente possível a adoção desse instrumento.

Além dos dois métodos comentados para determinação do valor da taxa, podem ser citados ainda o método de tentativa e erro, o qual não é recomendável pelos erros de decisão a que pode induzir, e o método de avaliação do valor dos efeitos da poluição, através do "conceito de disposição a pagar".

Por esse último método, faz-se uma pesquisa, em que se pergunta às pessoas quanto estariam dispostas a pagar por uma melhoria ambiental. Esse método supõe que aquilo que as pessoas estão dispostas a pagar é o quanto o bem representa para elas, taxando-se, então, os poluidores por esse valor. O problema desse método é como controlar para que as pessoas não superestimem ou subavaliem suas estimativas.

Relativamente à aplicação prática da taxação, a experiência internacional a respeito é vastíssima. Os principais exemplos são os seguintes:

- França — esse país possui experiência tanto em relação à poluição das águas quanto à poluição do ar por dióxido de enxofre.

Na França há seis Agências de Bacias, correspondentes a cada bacia hidrográfica, encarregadas de taxação dos agentes poluidores, quais sejam, indústrias, pessoas, agricultura etc.

Apenas para se ter uma idéia do volume arrecadado com essas taxas, a Agência de Bacia Seine-Normandie, correspondente à Região de Paris, arrecadará este ano US\$ 250 milhões, que serão integralmente aplicados em controle de poluição das águas, não havendo qualquer transferência do Estado para o orçamento da Agência.

Quanto à poluição do ar por dióxido de enxofre, o Decreto nº 85.582 de 07.06.1985 instituiu uma taxa de poluição de 130 francos por tonelada emitida desse poluente, para as empresas que emitem mais de 2.500 t/ano.

- Alemanha Ocidental — aplica o sistema de taxação à poluição das águas.
- Alemanha Oriental — estabeleceu em 1973 um programa de controle de poluição do ar, que aplicava taxa sobre a emissão de 113 substâncias poluente atmosféricas.
- Noruega e Holanda estabeleceram uma taxa para o controle de dióxido de enxofre, incidente sobre a utilização de óleo combustível.
- Na China as empresas industriais são taxadas por poluir e os recursos auferidos retornam às empresas para realização dos controles de poluição necessários. Esses recursos também são dirigidos às Agências de Controle Ambiental para cobrir as suas despesas de operação e manutenção.
- Nos Estados Unidos aplica-se o sistema de taxação a uma série de matérias-primas cujo processamento gera resíduos perigosos.

Para concluir o capítulo relativo à taxação, vale dizer que o principal objetivo desse instrumento é induzir a uma mudança de comportamento dos agentes poluidores, de modo que esses passem a considerar processos produtivos não poluidores.

3.2 Concessão de benefícios

Ao longo do tempo, diversos países têm oferecido benefícios às empresas poluidoras, no sentido de apoiar a adoção, por parte dessas, de sistemas de controle de poluição. Os benefícios mais comuns são: financiamentos subsidiados à implantação de sistemas de controle de poluição; concessão do mecanismo de depreciação acelerada para os equipamentos implantados; e concessão de transferências de recursos públicos para pagamento de parte dos sistemas implantados pelas empresas.

As justificativas para concessão desses benefícios eram as seguintes:

- a poluição não era causada intencionalmente pela empresa poluidora, e
- os equipamentos de controle de poluição representavam para essas empresas tão somente custos (o que no atual estado tecnológico já não pode ser considerado como verdadeiro para a totalidade dos casos).

Assim, a partir das bases acima, diversos países adotaram esse mecanismo de concessão de benefícios para apoiar as empresas na solução de problemas de poluição.

3.2.1. O mecanismo de financiamentos

De todos os benefícios concedidos às empresas poluidoras para implantação de sistemas de controle de poluição, esse talvez tenha sido o mais utilizado.

Tal mecanismo normalmente é adotado com duas características: juros reduzidos e prazos longos de pagamento. Com essas características reduz-se o impacto do custo de controle da poluição sobre os custos de produção das empresas.

Entre os países que adotaram esse mecanismo encontram-se:

- Os Estados Unidos. Nesse país, entre as várias modalidades de financiamento para o controle de poluição, tinha-se a linha de crédito para esse fim da Small Business Administration e da Economic Development Administration.

Os recursos de ambas as entidades eram provenientes da venda de títulos públicos no mercado, com incentivo da redução do imposto de renda devido, com o que se reduzia o custo do dinheiro para o tomador final. O prazo de pagamento podia chegar a 30 anos. Segundo informações da Small Business Administration, na atualidade as empresas têm que procurar recursos para controle de poluição no mercado financeiro, limitando-se o governo americano a dar garantias para o financiamento, pelas quais cobra.

- O Japão — Em 1975 a taxa de juros praticada para o financiamento do controle de poluição era de 6,8 a 8% a.a., enquanto a taxa de juros no mercado era de 9,1% a.a. Estima-se que esse subsídio representou 2,6% do investimento realizado pelas empresas privadas japonesas para o controle da poluição.
- Na Finlândia, foi desenvolvido um programa de controle de poluição das águas, com suporte de um programa de financiamento para as empresas privadas que cobrava juros de 6,5 a 7,5% a.a., enquanto as taxas de mercado eram de 9,75%.
- No Brasil, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico desenvolve uma linha de crédito para o controle de poluição, denominada POC Ambiental.
- No Estado de São Paulo é desenvolvido o Procop — Programa de Controle de Poluição. Esse Programa, que tem a Cetesb como agente técnico e o Badesp como agente financeiro, visa constituir um fundo, que assegurará uma linha de crédito perene para as empresas poluidoras desenvolverem seus projetos de controle de poluição.

O prazo de pagamento do Procop é de até 10 anos cobrando juros de 6 ou 9,5% a.a.

3.2.2. Depreciação acelerada

A depreciação consiste em uma reserva legal que a empresa está autorizada a fazer sobre seus imóveis, máquinas, equipamentos e veículos e a lançar em seus custos, como uma garantia de que, ao final da vida útil desses, poderá substituí-los.

A lei estabelece o prazo de depreciação para os bens a serem depreciados. Se a empresa aumentar suas depreciações, seja pelo aumento da quantidade de bens a ser depreciados, seja reduzindo de alguma forma o prazo de depreciação, aumenta seus custos e reduz o imposto de renda devido.

A aceleração da depreciação foi um benefício bastante utilizado por diversos países para reduzir, para as empre-

sas, o impacto do custo de controle da poluição. Entre esses países têm-se:

- Os Estados Unidos, onde o ACT Reform Tax de 1976 estendeu a possibilidade da utilização da depreciação acelerada para projetos de controle ambiental, permitindo-se, inclusive, que equipamentos não necessariamente de controle, mas que reduzissem as emissões, fossem beneficiados por esse mecanismo.
- A França, onde a legislação permite, no primeiro ano, a realização de uma depreciação acelerada de 50% do valor das obras civis construídas para o controle de poluição das águas. Da mesma forma, a legislação permite a aplicação do mecanismo de depreciação a um conjunto de equipamentos de controle de poluição do ar.
- O Japão, onde a depreciação era o mais importante benefício concedido à implantação de projetos de controle de poluição, permitindo-se uma depreciação de 50% no primeiro ano de funcionamento do sistema.

3.2.3. Concessão de transferências

Por esse mecanismo, o governo transfere às empresas, que implantem sistemas de controle de poluição, uma quantia para ressarcir-las parcialmente de seus gastos.

A propósito, nos Estados Unidos o governo instituiu uma subvenção de 25% das despesas que as empresas tinham de arcar para implantar projetos de controle de poluição sonora. Nesse país, a indústria podia receber subvenções federais iguais a 75% dos investimentos em controle de poluição das águas, para desenvolvimento ou melhoria de métodos para este controle.

Na França, as empresas sujeitas a pagamento de taxa de poluição das águas, podem receber, como transferência, uma parcela dos recursos necessários para a implantação de sistemas de controle de poluição das águas.

3.2.4. Considerações sobre a concessão de benefícios

No sentido de evitar as distorções que os subsídios causam à economia, qualquer estratégia de controle de poluição que utilize este instrumento, deve ser bastante ponderada, procurando-se substituir a idéia de benefícios, pela de incentivos, mantendo-se os princípios do "polluter pays principle", ou seja de que aquele que polui deve arcar com os ônus do controle, e não compartilhá-los com o conjunto da sociedade.

Por outro lado, é interessante notar que um dos benefícios mais solicitados pelas empresas é a depreciação acelerada. Este mecanismo, entretanto, não resolve o problema de liquidez destas, para a aquisição dos equipamentos de controle, constituindo-se em um subsídio, que não atende à principal queixa das empresas que é a falta de recursos para a compra dos equipamentos de controle de poluição.

Para finalizar esta questão de benefícios, é interessante lembrar que como a OCDE — Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento — que congrega também países da Europa, é adepta do "polluter pays principle" os países europeus irão rever a questão dos benefícios ao controle de poluição, para a unificação européia em 1992.

3.3. Mecanismos de mercado

O incentivo de direitos de emissão enquadra-se, como mecanismo de mercado de controle de poluição, na medida em que procura ir ao encontro do interesse privado, para induzir a adoção de soluções de controle, tendo sido implantado nos Estados Unidos em 1975.

O Programa de Negociação de Emissões é implementado por meio de três políticas, ligadas por um elemento comum, conhecido como crédito de redução de emissões. Assim, se alguma empresa decidir controlar suas emissões, em um percentual maior do que aquele exigido para atender suas necessidades legais, essa empresa pode solicitar à autoridade de controle, que registre esse controle excedente, como crédito de redução de emissão, que são títulos, que podem ser negociados, para atendimento das políticas de controle que serão apresentadas abaixo:

• **OFFSET POLICY:** Foi implantada para resolver o conflito entre crescimento econômico e a consecução dos padrões ambientais em áreas que estão fora destes padrões.

A **OFFSET POLICY** permite que novas fontes de poluição sejam implantadas ou fontes existentes sejam ampliadas e operem em áreas que não estão atendendo aos padrões de qualidade, desde que adquiram créditos de redução de emissões, de fontes existentes. Ao comprar os créditos, as novas fontes ou fontes ampliadas de poluição financiam o controle de emissões de fontes existentes.

• **BUBBLE POLICY:** permite que as fontes de poluição existentes satisfaçam os planos estaduais de controle utilizando créditos de redução de emissões.

Deste modo, as fontes existentes em áreas que não atendem ao padrão de qualidade ambiental, podem alcançar o padrão de emissão exigido para essas fontes, seja adotando tecnologia que permita atender ao padrão desejado, seja adotando uma tecnologia que controle as emissões a um nível menor, mas desde que sejam adquiridos créditos de redução de emissão, que compensem a diferença.

• **NETTING POLICY:** permite que créditos de redução de emissão ganhos com o controle de outras fontes de poluição da planta, sejam utilizados no controle de emissões decorrentes de ampliações desta planta.

Inegavelmente, o sistema americano, de utilização do mecanismo de mercado de negociação de direitos de emissão, como instrumento de apoio ao controle de poluição, apresenta diversos aspectos positivos, entre os quais:

- estimula as empresas a espontaneamente controlarem suas emissões em níveis mais elevados do que aquele determinado pela legislação, para formarem estoque de crédito de direitos de emissão;

- permite a conciliação do crescimento econômico com a melhoria ambiental, na medida em que novas empresas podem ser implantadas ou empresas já existentes podem ser ampliadas em áreas que não atendem aos padrões ambientais, desde que adquiram créditos de emissão de outras;

- permite que as empresas possam ser ampliadas e controlem suas novas emissões, utilizando créditos de emissão de controles efetuados nas partes anteriormente existentes da planta;

- oferece às empresas, alternativas em termos de custos de controle de poluição, possibilitando que estas implantem tecnologias que atendam às exigências da autoridade ambiental, ou que utilizem créditos de emissão para atender a esta exigência, o que for mais conveniente a estas;

- permite o atendimento ao "polluter pays principle", na medida em que a compra e venda de créditos de emissão é uma operação privada;

- estimula a adoção de tecnologias não poluidoras em dois sentidos: de um lado as empresas procurarão implantar esta tecnologia, para obter a maior quantidade possível dos créditos de emissão; por outro, as empresas que pretendem implantar-se ou ampliar-se, procurarão implan-

tar tecnologias não poluidoras, para não serem obrigadas a adquirir estes créditos de terceiros empresas.

Apesar destas vantagens, é interessante e oportuno notar que este sistema não elimina a ação do Estado no processo de controle de poluição, porque este precisa:

- fixar os padrões de qualidade ambiental;
- monitorar o atendimento destes padrões;
- acompanhar as negociações entre as empresas em relação à compra e à venda destes créditos de emissão, porque não podem ser transacionados poluentes diferentes, como também não podem ser negociados títulos relativos à poeira não inalável, por poeira inalável;
- proceder ao sistema de licenciamento de novas fontes ou ampliações.

4. Conclusão

A política de controle de poluição baseada na ação tradicional do Estado neste setor, precisa ser revisada no sentido de incorporar o fato de que por ser o meio ambiente um bem público, há uma tendência natural de que poluidores possam procurar protelar os investimentos em controle de poluição.

A incorporação deste fato torna necessária a adoção de mecanismos e incentivos econômicos pela política tradicional de controle de poluição, no sentido de superar as limitações desta.

A seleção para escolha dos mecanismos e incentivos econômicos, que devem integrar a política de controle de poluição, deve ser feita atendendo-se aos seguintes parâmetros:

- atender ao "polluter pays principle";
- induzir a adoção de tecnologias não poluidoras;
- permitir a redução dos custos de controle (isto é especialmente importante em um momento de abertura de importações);
- induzir ao controle espontâneo da poluição;
- conciliar crescimento econômico e preservação e melhoria ambiental.

Não creio, entretanto, que a adoção destes mecanismos possa substituir a ação do Estado neste campo, uma vez que, enquanto existirem processos produtivos poluidores, será necessária a fiscalização ambiental. O que é possível, e necessário, é que estes mecanismos, caso selecionados, de acordo com os parâmetros citados permitem um enorme salto qualitativo na ação estatal no setor, permitindo uma maior eficácia às ações do Estado neste campo.

Esta posição não quer dizer que neste campo o Estado deva permanecer onipresente, licenciando, fiscalizando, monitorando, financiando, tratando esgotos etc., sendo que alguns destes serviços poderiam ser, como são em alguns países, privatizados se o mercado efetivamente passasse a internalizar a dimensão ambiental, o que também contribuiria para uma ação mais eficaz da sociedade no campo do controle ambiental.

Bibliografia

1. LIBANORI, A. A aplicação de mecanismos econômicos na política de controle de poluição. São Paulo, PUC, 1990 (tese de mestrado orientada pelo Prof. Dr. Eurico Hideki Ueda).
2. TIETEMBERG, T.H. Emissions trading an exercise in reforming pollution policy. Washington, Resources for the Future, 1985.

Concentração de metais em aerossóis atmosféricos

Haidé D. Fiedler¹
Jaime A. Solari²

RESUMO Foram determinados o material particulado total (MPT) e a concentração de metais em aerossóis atmosféricos em quatro pontos do Estado do Rio Grande do Sul. Os pontos escolhidos foram a rodoviária de Porto Alegre, uma área não urbanizada (Ponta Grossa), o III Pólo Petroquímico e um bairro de Caxias do Sul. Foram analisados doze elementos metálicos mediante espectroscopia de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES). Os resultados mostraram que os pontos em Porto Alegre e Caxias do Sul fogem à legislação brasileira da qualidade do ar quanto ao MPT, apresentando também níveis elevados de alguns elementos metálicos. Os resultados são comparados, qualitativamente, com trabalhos similares obtidos em outras cidades e também com estudos realizados em POA em época diferente.

Palavras Chaves: aerossóis, material particulado, poluição aérea, elementos metálicos, ICP-AES, análise química.

ABSTRACT Total particulate matter and metal concentrations in atmospheric aerosols were determined in four different sites of the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The sampling places were, the bus station in downtown Porto Alegre, a non-urban area (Ponta Grossa), the III petrochemical complex and a neighbourhood of the city of Caxias do Sul. Twelve elements were analyzed by inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES). The results showed that the points in Porto Alegre and Caxias do Sul were not within the Brazilian regulation law regarding total particulate matter. Also, high levels in the concentration of some metal elements were detected in these points. Results obtained were compared with similar reported in other studies in different cities and also with others measured in other periods.

Key words: aerosols, particulate matter, air pollution, metallic elements, ICP-AES, chemical analysis.

Existe uma preocupação mundial com o aumento das emissões gasosas na atmosfera pelos efeitos, muitas vezes imprevisíveis, sobre os ciclos biogeoquímicos naturais. Enquanto os efeitos da emissão de material particulado, óxidos de enxofre e nitrogênio são relativamente conhecidos, a deposição atmosférica de elementos metálicos na forma adsorvida na superfície de material particulado (aerossóis) tem recebido menor atenção e inclusive não há um controle sistemático quanto à qualidade do ar na maioria da legislação mundial.



Em termos de caracterização de aerossóis e presença de elementos metálicos associados, a maioria dos trabalhos publicados tem sido realizada no Hemisfério Norte em áreas urbanas, áreas rurais e, inclusive, em regiões remotas com baixa população. No Hemisfério Sul os estudos são bem menores, embora seja de grande importância o conhecimento qualitativo e quantitativo da distribuição desses aerossóis em relação à localização geográfica, fato que determina finalmente a associação desses com elementos inorgânicos e orgânicos(1).

A concentração atmosférica e a taxa de deposição de certos metais tenderão, no futuro, a aumentar somente pela atividade de fontes antropogênicas e que, mediante deposição úmida, seca ou na forma de dispersão coloidal, poderá ser afetado o padrão de qualidade ambiental de certas regiões. Também alguns elementos (Pb e Hg) estão se de-

1. Químico do Departamento do Meio Ambiente da Secretaria da Saúde do Rio Grande do Sul (SSMA), Mestre em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

2. Engenheiro de Minas, Ph. D. pela University of London, na época do trabalho, professor da UFRGS — Engenharia, hoje pesquisador do Laboratório de Biohidrometalurgia, Departamento de Ingeniería Química e do Departamento de Ingeniería de Minas, da Universidad de Chile.

positando em algumas áreas a níveis tóxicos para a saúde humana e outros metais (Cd, Cu, Hg, Pb e Zn) a níveis tóxicos para outros organismos (2). No Brasil têm-se desenvolvido trabalhos no sentido de caracterizar aerossóis naturais e urbanos (1,3,4).

Nesses estudos, documentam-se os níveis de poluição (MPT e metais associados a aerossóis) que já estão atingindo algumas capitais e regiões brasileiras como Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Salvador, Vitória, Amazonas e Goiás.

O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar aerossóis em alguns pontos do Rio Grande do Sul com o intuito de obter dados mais atualizados quanto à qualidade do ar e à concentração de alguns elementos metálicos neste Estado. Esse trabalho se situa dentro da linha de estudos da UFRGS-Engenharia e do SSMA e, de certa forma, complementa o estudo realizado quanto à caracterização das emissões de complexos carboelétricos no Estado(5). Os resultados deste estudo foram comparados com dados da literatura mundial e brasileira quanto a concentrações elementares em aerossóis atmosféricos.

Materiais e Métodos

Coleta e Pontos de Amostragem. Amostradores de ar de grande volume, do tipo Hi-Vol, foram utilizados como coletores usando filtros de fibra de vidro. Segundo o padrão brasileiro de qualidade do ar, esta amostragem permite obter valores de MPT(6). A coleta foi feita por técnicos deste setor da Divisão do Laboratório Ambiental da Secretaria da Saúde e Meio Ambiente do Estado do RS (SSMA). De modo geral, a amostragem foi realizada por um período contínuo de 24 h a cada 3-5 dias, entre 1983 e 1988 (*vide Tabela 1*).

As características principais dos quatro pontos amostrados são as seguintes:

1. Ponta Grossa. Este ponto está localizado a 17 quilômetros do centro de Porto Alegre, na direção sul, às margens do Rio Guaíba e a aproximadamente 50 quilômetros da costa do mar no Estado do RS. Este ponto foi escolhido por estar localizado numa área não urbanizada do Estado. O coletor foi instalado numa área pertencente à Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul.

2. Estação Rodoviária de Porto Alegre. Este ponto fica no centro da cidade de Porto Alegre e o coletor foi instalado no canteiro situado embaixo da passarela que cruza o Largo Vespasiano Julio Veppo. Este local foi escolhido como ponto representativo de uma alta confluência de tráfego rodoviário, relativamente distante de fontes de emissão industrial.

3. III Pólo Petroquímico. Este ponto está localizado no município de Triunfo, a 40 quilômetros de Porto Alegre, na direção oeste, sendo que o coletor foi instalado na entrada deste complexo industrial. Este ponto foi escolhido para avaliar a qualidade do ar em uma região que possui uma fonte próxima de emissão.

4. Caxias do Sul. Esta cidade está localizada no alto da Serra Nordeste do RS (817 metros sobre o nível do mar) e está distante 130 quilômetros de Porto Alegre, pela BR-116. Possui, aproximadamente, 250.000 habitantes e se caracteriza pela presença de indústrias de tipo metalúrgico, mecânica e química, além de queima de combustíveis em caldeiras. O coletor estava localizado no interior do Colégio Estadual Teodósio Rocha Neto, no bairro Santa Catarina, próximo à Via Vêneto. Este local foi escolhido por estar próximo da maioria das fontes de emissão instaladas nesta cidade.

Análise Química. Por motivos de ordem prática, para cada ponto de amostragem foi analisado o material correspondente a três dias (durante 24h cada dia), escolhidos aleatoriamente. Após a coleta, os filtros foram devidamente acondicionados e pesados. A análise química de elementos-traços foi feita por espectroscopia de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES) em um espectrofotômetro Phillips PU 7450. Todos os reagentes utilizados foram Merck p.a.

O procedimento experimental foi desenvolvido com base nas características do instrumento analítico (7,8) empregando a seguinte rotina: dentro de um balão de 500 ml, foi colocado aproximadamente 1/4 do filtro já devidamente pesado.

Posteriormente foi adicionado 20 ml de H_2SO_4 e 20 ml de H_2O_2 , acoplado-se um condensador de refluxo com 10 ml de HNO_3 1 M, para coleta dos vapores. A digestão foi feita à temperatura de aproximadamente 100°C até a solução ficar clara. Após, foram adicionados 30 ml de HCl e 10 ml de HNO_3 para digestão da matéria orgânica. A solução foi novamente aquecida a 100°C, até a solução ficar completamente clara. Após atingir a temperatura ambiente, a solução foi completada a volume com água destilada deionizada. Para a preparação do "branco matriz", foram utilizados os mesmos ácidos, quantitativamente, empregados no preparo das amostras para leitura e, para a escolha da metodologia utilizada para este fim, foi digerido um filtro amostrado em Caxias do Sul por possuir uma concentração média de MPT entre os pontos amostrados.

Resultados e Discussão

As Figuras 1,2, 3 e 4 mostram exemplos da variação anual da concentração de MPT nos quatro pontos amos-

Tabela 1 — Média geométrica (mg), desvio padrão geométrico (Sg) em "n" amostras ($\mu g/m^3$).

	Estação Rodoviária (Porto Alegre)	Caxias do Sul			Pólo Petroquímico			Ponta Grossa (Porto Alegre)	
	1984	1985	1987	1988	1983	1985	1988	1983	1985
n	25	22	24	26	42	21	19	39	36
mg	165,3	80,28	74,32	100,54	32,55	24,52	35,73	24,31	26,29
Sg	1,81	1,98	1,93	1,91	1,39	1,34	1,23	1,45	1,29

Tabela 2 — Concentração de elementos metálicos em MPT em pontos do Rio Grande do Sul (ng/m³)

Elemento	Ponta Grossa - P. Alegre			Rodoviária - P. Alegre		
	16/12/83	22/12/83	28/12/83	22/12/84	16/12/84	10/12/84
Fe	346	65	1350	5450	3480	6790
Ca	1500	1010	1730	28400	28200	27000
Al	892	474	3150	26200	18000	22100
Mn	15	nd*	129	60	51	73
Cu	59	80	136	63	37	47
Co	2	nd	10	18	13	24
Cd	nd	nd	5	nd	nd	nd
Cr	7	3	22	23	16	20
Ni	2	10	8	8	19	43
Pb	9	1	23	5	9	23
Zn	23	15	37	69	90	157
Zr	nd	2	8	51	38	50

Caxias do Sul			Pólo Petroquímico			P. Alegre**
17/04/88	05/05/88	29/04/88	17/04/88	05/05/88	23/02/88	
2010	1440	1860	660	520	390	714
1520	1540	1180	1320	1790	1720	815
2880	1920	3250	1190	526	794	1204
22	16	53	nd	8	nd	14
39	9	24	68	31	32	12
9	5	6	nd	2	3	—
2	nd	2	nd	1	nd	—
7	20	12	6	8	3	6
9	5	1	nd	5	1	3
9	20	35	2	15	29	—
59	110	1820	30	63	38	40
9	6	9	2	1	nd	—

* nd: não detectável; limites de detecção (ng/m³): <5(Mn), <1 (Co, Cd, Ni, Zr).

** média geométrica em material particulado grosseiro medida a 5 km do centro de Porto Alegre(1).

trados, enquanto na Tabela 1 se apresentam os valores da média geométrica anual de MPT para cada amostragem. Estes resultados mostram que os pontos Estação Rodoviária de Porto Alegre e Caxias do Sul encontram-se, com frequência, fora do padrão brasileiro de qualidade do ar (padrão diário), quanto ao material particulado total em suspensão. Por outro lado, os pontos III Pólo Petroquímico e Ponta Grossa não apresentam comprometimento da qualidade do ar quanto a esse parâmetro.

A concentração de elementos metálicos no MPT de três amostras aleatórias apresenta-se na Tabela 2 para cada ponto amostrado. Pode-se observar que a Estação Rodoviária é o ponto que apresenta os valores de concentração mais elevados para a maioria dos elementos, com exceção do Pb e Cd que apresentam valores semelhantes aos encontrados no III Pólo Petroquímico. Esses resultados evidenciam a poluição do ar proveniente, provavelmente, de veículos automotores, já que esse ponto é considerado o de maior confluência de tráfego da cidade de Porto Alegre.*

No ponto localizado na cidade de Caxias do Sul foram encontrados valores significativos, comparativamente com

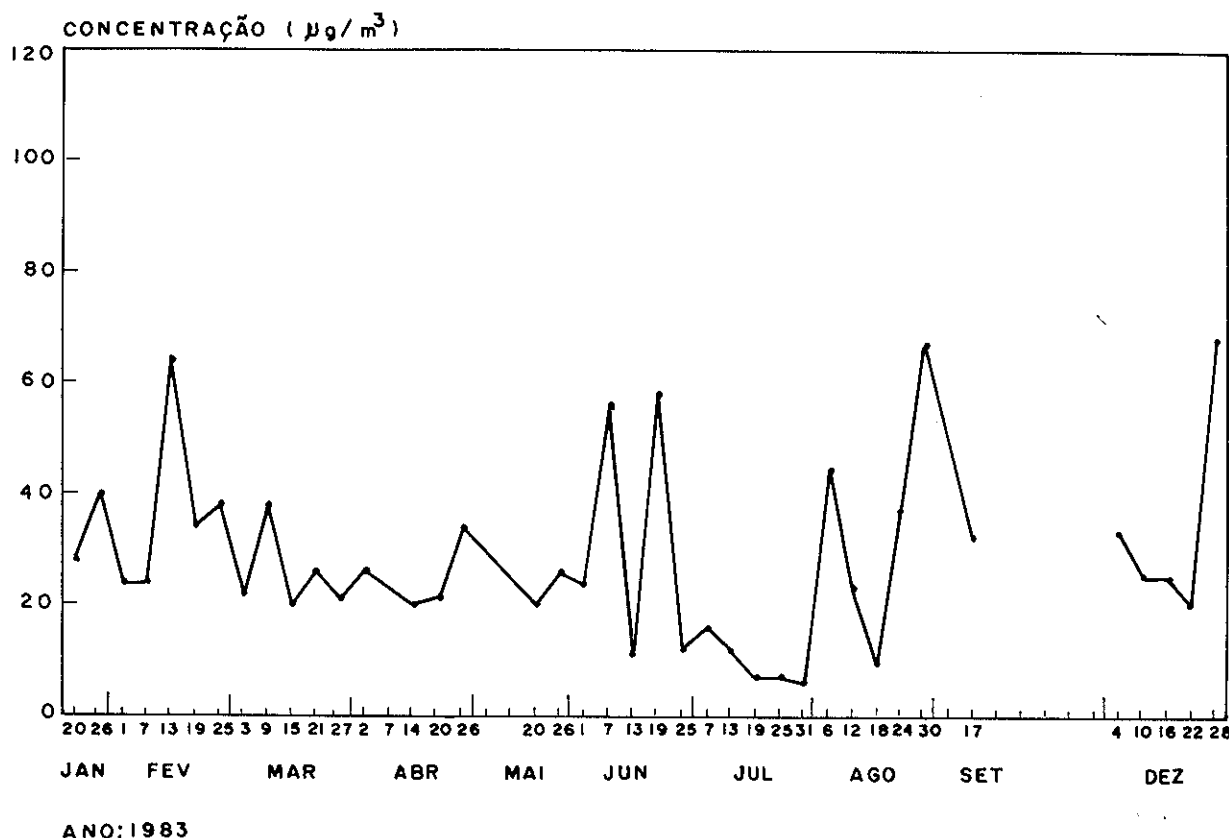
os outros pontos, para os elementos Fe, Al, Mn, Co, Pb, Cd, Zn e Zr. Esses valores fazem deste ponto o segundo mais poluído entre os amostrados. Ainda cabe salientar que as amostras analisadas não corresponderam a dias nos quais a concentração de MPT excedia ao padrão brasileiro e, portanto, os valores encontrados podem ser qualificados como menores do que a média geométrica provável.

No III Pólo Petroquímico, os resultados mostram baixos valores para a maioria dos elementos analisados, apresentando concentrações similares aos encontrados em Ponta Grossa (16 e 22/12/83), com exceção do Zn. Quanto à estação de Ponta Grossa, as concentrações elementares encontradas são as menores da amostragem. No entanto, a análise do dia 28.12.83 evidencia que esse ponto sofre a influência de uma fonte de emissão não estacionária, o que é também caracterizado pelos picos encontrados nas análises de MPT (vide figura 1) e pela variação conhecida da direção dos ventos nessa região.

As concentrações elementares encontradas neste estudo foram comparadas, qualitativamente, na Tabela II com os resultados obtidos por Orsini e colaboradores (1) du-

* Correlação com uma maior queima de combustível através da análise de enxofre poderia ser mais evidente.

Figura 1 — Variação da Conc. de MPT — Ponta Grossa (POA)



rante amostragem de material particulado fino e grosso realizada na cidade de Porto Alegre. A estação de amostragem estava localizada no topo do prédio da SSMA, a 5 quilômetros do centro de Porto Alegre. A amostragem atmosférica foi realizada regularmente entre 1982-1983 e o método de análise da concentração elementar dos metais foi "Emissão de Raios-X Induzida por Partículas (PIXE)". O resultado dessa comparação, realizada com o material grosso descrito no trabalho de Orsini e colaboradores (1), indicou que, apesar de se tratar de períodos de coleta e de método analíticos diferentes, as concentrações obtidas por esses pesquisadores são quantitativamente semelhantes às obtidas neste trabalho em Ponta Grossa e no Pólo Petroquímico. Ainda a comparação pode parecer prejudicada em função do fato de que estes estudos avaliam elementos metálicos em frações granulométricas diferentes. Neste caso, os resultados foram obtidos no material particulado total, MPT ($<100 \mu\text{m}$) e os de Orsini e colaboradores, obtidos no material inalável ($<15 \mu\text{m}$). Entretanto, esse fato pode evidenciar um fenômeno já conhecido em outros aerossóis (9), (10) no sentido da concentração seletiva dos elementos metálicos nas partículas de menor tamanho em razão das diferenças em energia livre superficial (11).

Se considerarmos o ponto Estação Rodoviária como ponto representativo do centro da cidade de Porto Alegre, podemos comparar a qualidade do ar com o de outras cidades do Brasil. Quanto ao MPT, o valor de $165,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ medido na Rodoviária de Porto Alegre é significativamente mais alto do que os valores reportados por

Orsini e colaboradores(1) na periferia de várias capitais brasileiras, com exceção de São Paulo, que também não se situa dentro do padrão brasileiro de qualidade do ar. Os valores de MPT medidos por Trindade e colaboradores(3) no Rio de Janeiro, em Copacabana e São Cristóvão, foram da ordem de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Em relação às concentrações elementares de metais reconhecidamente tóxicos e/ou cancerígenos, Pb e Cd, uma avaliação meramente qualitativa mostra que estes elementos encontram-se no RS no limite inferior do intervalo de concentração anual média de grandes cidades americanas, da cidade de Tóquio e de cidades européias (12). Pb e Cd também são menores no RS do que o nível detectado no centro urbano do Rio de Janeiro (3). Da mesma forma, os níveis de Ni e Cr encontrados neste trabalho são muito próximos em Porto Alegre e Caxias do Sul aos detectados no Rio de Janeiro, sendo estes inferiores aos de Nova York no caso do Ni mas superiores no caso do Cr. Entretanto, uma melhor avaliação deveria ser realizada com um maior volume de dados.

Conclusões

Dos resultados deste trabalho pode-se concluir que existem pontos nas cidades de Porto Alegre e Caxias do Sul nos quais a qualidade do ar está comprometida ao exceder o padrão admissível pela legislação brasileira quanto ao material particulado total. Esta situação é baseada nos valo-

Figura 2 — Variação da Conc. de MPT — Estação Rodoviária (POA)

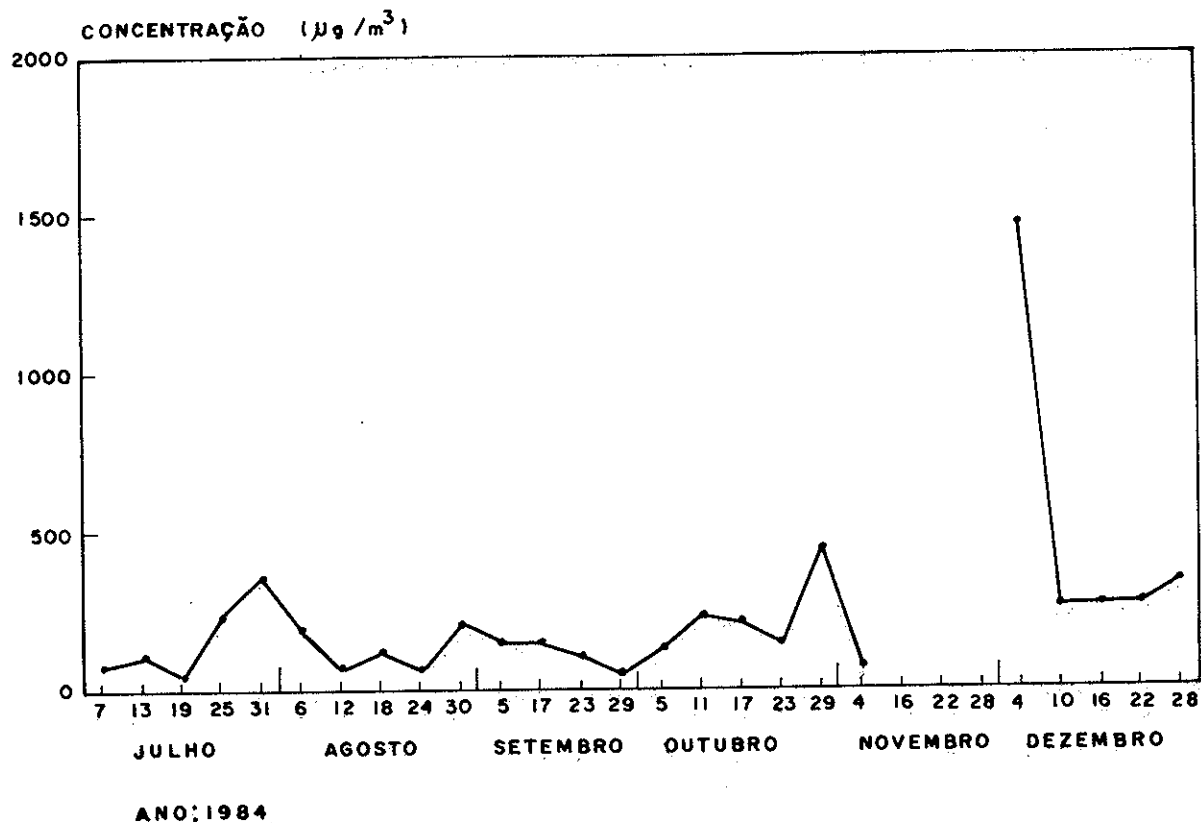


Figura 3 — Variação da Conc. de MPT — Triunfo

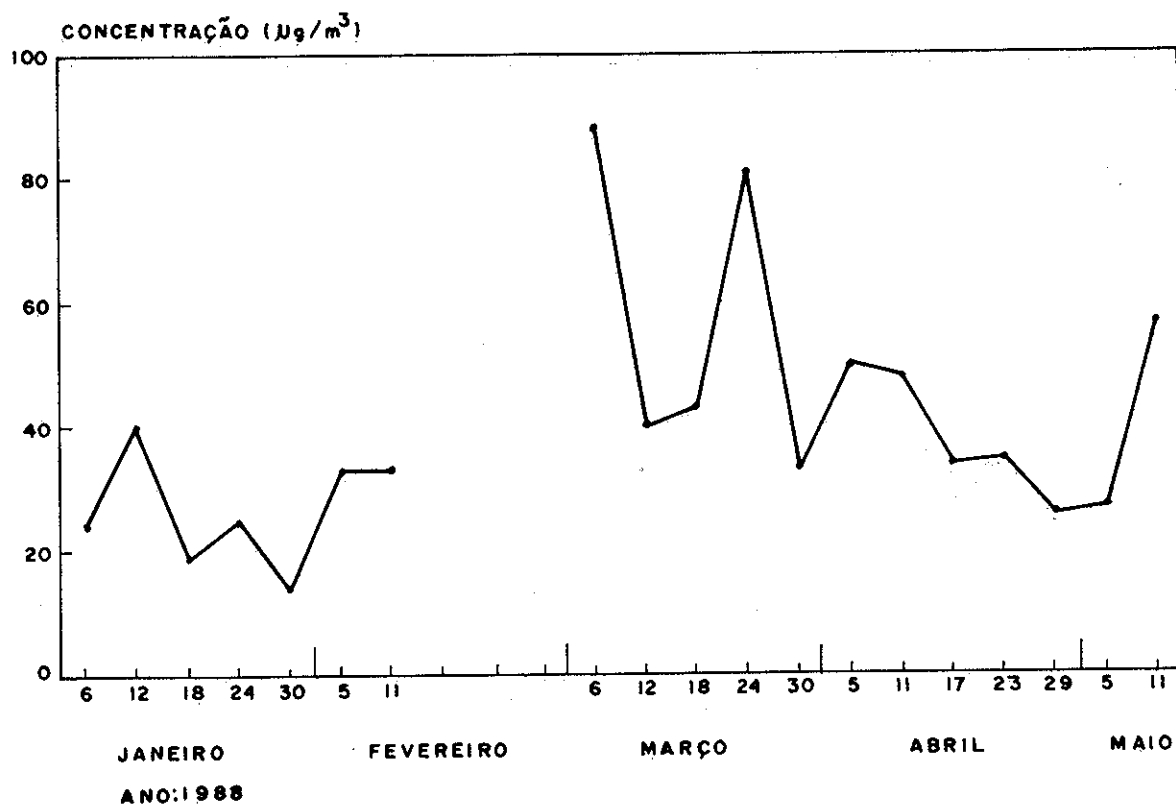
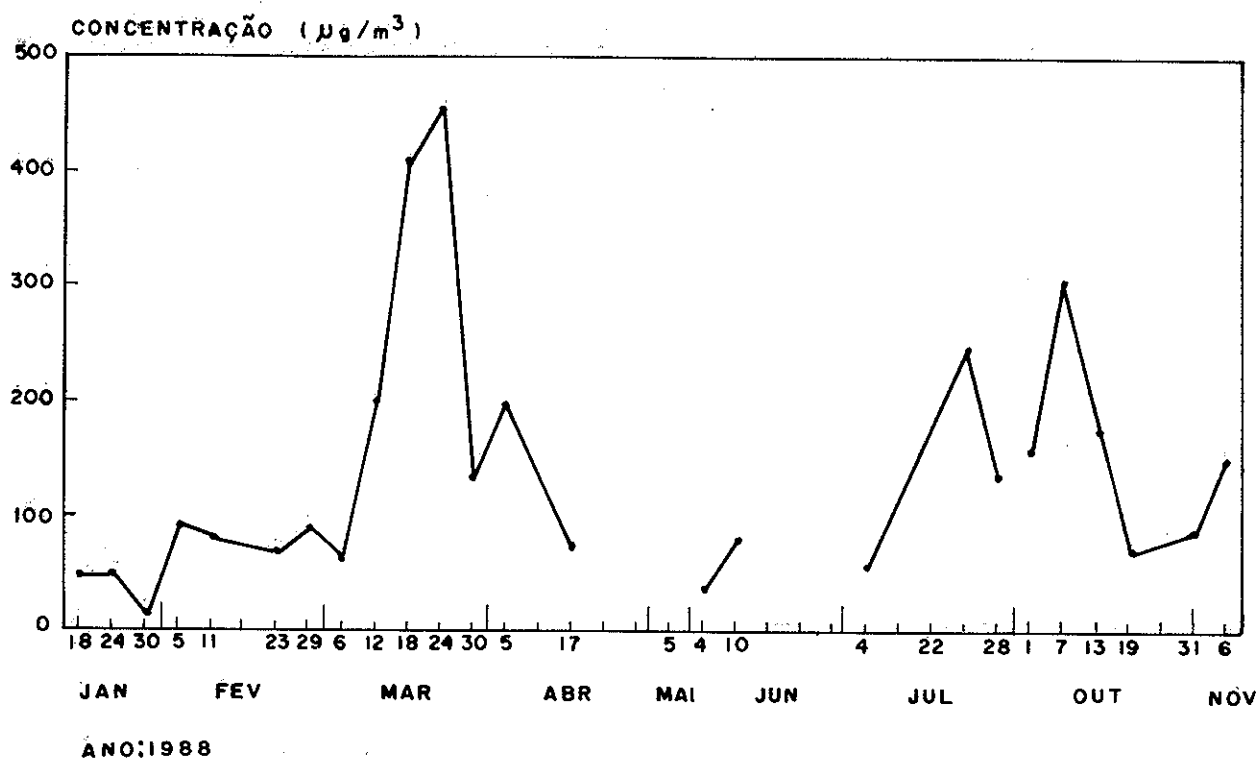


Figura 4 — Variação da Conc. de MPT — Caxias do Sul



res encontrados para a concentração de certos elementos metálicos nesses aerossóis; porém, fica evidenciada a necessidade de outros estudos nesta área objetivando a uma melhor avaliação quantitativa deste impacto ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Departamento do Meio Ambiente para a realização deste estudo. Em espe-

cial ao Diretor Técnico, Eng. Tarcísio Isaias pela colaboração e interesse no trabalho. Agradecimentos especiais ao Institut für Aufbereitung, Aachen, Alemanha, onde foi possível a realização das análises químicas por um dos autores, H. Fiedler, e a Fapergs pela sua ajuda de custeio. A Luiz Marcelo Tavares pela elaboração das figuras. Ao Prof. Jorge Rubio pela revisão do texto, críticas e sugestões. Finalmente, os autores agradecem ao Revisor escolhido pela Revista Ambiente — Revista CETESB de Tecnologia pelas suas críticas e contribuições à melhoria do texto.

Referências

1. Orsini, C.Q.; Tabacniks, M.H.; Artaxo, P.; Andrade M.F. and Kerr, A.S. "Characteristics of fine and coarse particles of natural and urban aerosols of Brazil." *Atmospheric Environment* 20(11): 2259-69, 1986.
2. Galloway, J.N., Thornton, J.D., Norton, S.A. e Volchok, H.L. e McLean, R.A.N. "Trace metals in atmospheric deposition: a review and assessment". *Atmospheric Environment*, 16: 1677-700, 1982.
3. Trindade, H.A.; Pfeiffer, W.C., Londres, H., Costa Ribeiro, C.L., "Atmospheric concentration of metals and total suspended particulates in Rio de Janeiro". *Environ. Sci. Technol.*, 15 (1): 84-9, 1981.
4. Orsini, C.Q.; Artaxo Netto, P. e Tabacniks, M.H. "Preliminary data on atmospheric aerosol of the Amazon basin". *Atmospheric Environment*, 16, 2177-81, 1982.
5. Fiedler, H.D., Martins, A.F. e Solari, J.A. "Meio Ambiente e Poluição por Complexos Carboelétricos no Rio Grande do Sul — O caso Candiota". No prelo da revista *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro. 1990.
6. Ministério do Interior. Portaria Nº 0231, 27 de abril de 1976. *Diário Oficial da União*, em 23/01/76. p. 118.
7. INDUCTIVELY COUPLED PLASMA EMISSION SPECTROSCOPY PART 2 APPLICATIONS AND FUNDAMENTALS — Edited by P. W. J.M. Bowmans. Philips Research Laboratories. U.S.A. 1987.
8. Keliher, P.N. — "An overview of Analysis by Inductively Coupled Plasma — Atomic Emission Spectrometry". *Radiation Chemistry: Principles and Applications*. VCH Publishers. Inc. 1987.
9. Fiedler, H.D. Caracterização do Carvão de Candiota e Implicações Ambientais do seu Processamento. PPGEMM/UFRGS. Porto Alegre. 1987. 156p.
10. Solari, J.A.; Fiedler, H.D.; Schneider, C.L. "Modelling of the distribution of trace elements in coal". *Fuel*, vol. 68, April, p.536-39. London. UK. 1989.
11. Adamsón, A.W. *Physical Chemistry of Surfaces* (2nd ed.), Wiley-Interscience, New York, 1967.
12. Vahter, M. and Slorach, S. "Integrated Exposure Monitoring of Lead and Cadmium". An International Pilot Study Within the UNEP/WHO. Human Exposure Assessment Location. 1988.



O meio ambiente e as questões rodoviárias

* Raul Ferreira Bártholo

RESUMO Acidentes rodoviários com cargas perigosas, tóxicas, provocados pela existência de lombadas instaladas sem prévio exame da conveniência e riscos ambientais, obrigam técnicos da CETESB a despende esforços apenas corretivos e de alcance limitado, diante de situações evitáveis, potencializadoras de graves prejuízos à segurança sanitária de populações, além de inestimáveis agressões à fauna e flora. A ação preventiva capaz de resguardar tais interesses depende de modificações no âmbito das leis e regulamentos. O presente trabalho pretende contribuir para que seja estabelecido um quadro de clara competência entre as diversas instituições envolvidas, a partir de dificuldades concretas encontradas no atendimento a esse tipo de acidente. **Palavras-chave:** lombada, ação preventiva, acidente ambiental, cargas perigosas.

ABSTRACT Accidents in the highway systems involving the transportation of dangerous and toxics loads due to reducing devices of velocity installed without the assessment of environmental risks lead to waste of efforts, and only corrective actions are left to CETESB'S technicians when these situations are faced. On the other hand, avoidable situations regarding sanitary measures related to the population, and the preservation of fauna and flora can be easily taken. The preventive actions to protect such interests, depend on the changes of Laws and Regulations. This paper has the purpose of establishing a clear jurisdiction among the involved institutions, in order to solve the daily problems. **Key words:** reducing devices, preventive actions, environmental accidents, dangerous loads.

A questão rodoviária estende sobre o meio ambiente o impacto de suas obras e de seu "modus faciendi". As mais variadas responsabilidades são envolvidas, em meio aos mais diversos interesses e áreas de competência dos órgãos responsáveis.



De outro lado, por vezes, na vida simples, é alcançada a essência do trabalho profissional quando — na percepção de seu "munus" — atinge, por escolha, caminhos, dando-lhe segmento na amplitude que tiver, levando-o a maiores conseqüências. Escrever artigo sobre questões imediatas do próprio trabalho pode resultar em transformações que *latu sensu*, venham tornar o mundo mais prazeroso, como justificativa existencial, de momento, em relação ao próprio trabalho. A alternativa seria contê-lo no relatório circunstancial arquivado burocraticamente.

Trata-se de meditação comprometida com o sentido do trabalho na CETESB, cujo objetivo é exatamente a transformação ambiental na direção do prazer e felicidade geral das populações. A grandeza da CETESB, neste sentido, está em abrir espaço a essas considerações para que seus funcionários o façam sem medo ou subterfúgios de linguagem.

Podem-se discutir infinitamente questões pontuais como geometria das estradas, condições de uso e alcance de projeto, assim como sua estatística de acidentes. Mas nunca, jamais, poder-se-á criar obstáculos acadêmicos na análise pelos aspectos formais, ritualísticos, apenas pela insistência do interesse em saber se a sinalização é ou não adequada, ou se os motoristas são bem treinados nem tampouco se os veículos são ou não bem conservados. Eviden-

* Engenheiro da Cetesb.

temente, nunca será atividade específica da CETESB selecionar motoristas e fiscalizar caminhões.

Todas essas tarefas, claro, pertencem ao domínio de atribuições dos órgãos rodoviários. Convém, no entanto, distinguir que, além dos EIA/RIMAs, a CETESB deverá interessar-se por localização de equipamentos rodoviários — e sua respectiva forma de aplicação — sempre que potencialmente ofereçam riscos de acidentes ambientais, de impacto sobre vida e saúde das populações, em função de particularidades locais. Quando cargas perigosas, tóxicas, podem atingir mananciais e colocar em risco sistemas de abastecimento, por exemplo.

Será sempre do interesse da CETESB verificar se todas condições de segurança ambiental estão atendidas pelas normas que vier a estabelecer, tanto na generalidade como no aspecto particular de algum caso específico. Será admitir, por exemplo, a possibilidade da lombada constituir-se em elemento provocador desse tipo de acidente. E o interesse das vidas em jogo merece respeito de todos quantos sejam engenheiros sanitaristas deste País, no sentido de examinar essa questão. Ou, reconhecer que a engenharia sanitária não tem importância, caso contrário.

É lógico que se tratam de vidas distantes do local do acidente. Essas, os guardas rodoviários não anotarão. Serão estatísticas dos biólogos, se tais estudos tiverem sensibilidade de medirem conseqüências das lombadas. Quantas são? Aliás, as estatísticas de acidentes nesse País, provocadas por lombadas são desconhecidas. Nem sequer registro tem.

O prof. Adriano Murgel Branco fornece uma tabela onde o Brasil se compara com a Alemanha em 1970. Lá, significa nada menos que 0,52% das causas. E essas vidas escondidas atrás dos encanamentos merecem respeito e preocupação com isso. Será de esperar aqui estatísticas absurdamente maiores, eis que os acidentes ocorridos em decorrência das estradas são 6,70% naquele país, enquanto aqui em nossa terra atingem quase quatro vezes mais. Quantas lombadas teriam contribuído nessa cifra brasileira de 23%?

Ora, o modesto trabalho de atender acidente rodoviário de caminhão transportando esse tipo de carga, fez atingir a necessidade de chamar atenção para esse tipo de problema, pedindo aos luminares das ciências o auxílio indispensável. Nesse sentido quero homenagear a contribuição preciosa dos membros do Conselho Editorial da revista Ambiente, pelas críticas e aperfeiçoamentos. O presente trabalho representa o quanto consegui alinhar do assunto no sentido da preocupação apontada, aberto a contribuições e correções de toda ordem.

O problema da lombada: questões subjetivas

Em primeiro lugar, podemos começar pelo tipo de lombada escolhido. Pelo tipo freudiano de escolha. Quando ao invés de lombada com rampa suave, instala o chamado tachão, de choque abrupto, vertical, de alto impacto.

Justamente por esse assunto, o prof. Adriano M. Branco nos brinda com a informação de constituir-se, ela, causa provocadora ao obrigar motoristas a transpor "sinalização agressiva tipo tartaruga e outros". Naturalmente, tal agressão constitui parte psicológica do funcionário subalterno, ao escolher pelo prazer de castigar conforme seu

desejo íntimo, já que é dele escolher. E bastaria uma palavra. Caso de lombada mental.

A esse respeito considera-se suficiente a denúncia da possibilidade, como causa suficiente para modificações na legislação no sentido de tornar abolido tal dispositivo como contravenção penal, nesse sentido de uso. Afinal, bebida já foi proibida porque também ajuda a matar. São casos de lombada mental.

A dúvida que não cabe a respeito é se é legítimo associar tal motivação psicológica à conseqüência do acidente derramado a inundar mananciais, sob pena de ser falso tudo que se ensina nas escolas e academias, com seus livros nas mãos.

A crueldade é a estatística. E o resto, a ignorância e preguiça.

De modo brilhante, o prof. Murgel Branco estabelece a imediata relação entre as demais causas do acidente rodoviário, pelas interligações do acidente à política de transportes e às outras questões ligadas à sobrevivência do homem brasileiro (Acidentes Rodoviários, Sinalização e Segurança. São Paulo, 1972). Denuncia as lombadas agressivas, ao que se permite acrescentar: As mortes podem não ser imediatas. As lombadas o provam, sem terem seus defensores estatísticos a demonstrar.

Mas na Alemanha há, e em sentido contrário.

Claro: O ideal seria que esses dispositivos fossem submetidos às sociedades de direitos humanos.

Interferência Viária e Meio Ambiente: Questões Objetivas

Baixando ao nível operacional, podemos anotar:

1 — Embora prioritariamente se considerem aspectos imediatos de preservação da vida e sua segurança, será sempre útil registrar reflexões a respeito de "lombadas" num contexto mais geral, de saneamento básico e política ambiental. Como equipamento viário sobejamente conhecido, lombada é uma súbita elevação transversal executada sobre leito de via pública, com objetivo de obrigar motoristas a reduzirem velocidade em seus veículos. Em algumas localidades, são denominados "redutores" ou, simplesmente, "obstáculos".

2 — Pode até causar surpresa um assunto "tão rodoviário". Porém, quando concebidas unicamente para atender conveniências imediatas de tráfego, estando o assunto entregue à falta de efetiva disciplina legislativa e, por extensão, à toda possibilidade de erro e acerto próprios do fator humano — permitidos pelo arbítrio decisório, ao qual deixam de ser indiferentes fatores como o simples desconhecimento, desídia ou mesmo abuso de poder por escalões intermediários —, podem introduzir riscos ambientais merecedores de cuidados adicionais e preventivos. Torna-se necessário dirimir dúvidas sobre áreas de competência; disciplinar condições na hipótese da indispensável colocação de tais equipamentos em determinados locais, quando assim considerados etc.

3 — O assunto é pertinente. Trata-se da forma como a CETESB — no caso do Estado de São Paulo — ou suas equivalentes nos outros estados, *por força de ofício* intervêm ou tem intervindo em casos concretos.

4 — Presentemente, o assunto "lombada" é regulado pela resolução nº 635/84 do CONTRAN; implantação de lombada, conforme aquele dispositivo, somente se permite em determinados casos especiais. Quando há número significativo de acidentes num local específico e, assim mesmo, conforme padrões fixados. Na sequência, porém, veda pelo interesse da segurança no tráfego a colocação dessa mesma lombada em vias com declive superior a mais de 4,5%, trecho em curva, tráfego intenso superior a mais de 600 veículos por hora etc. Tudo isso, no sentido de mais prevenir acidentes por ela mesmo provocados.

5 — Porém, a CETESB, como as congêneres, tem sobre si responsabilidade. Atender, resolver conseqüências desses acidentes, quando ocorrem com cargas perigosas (por ameaçarem também outras vidas como subproduto do acidente. Pela agressividade quanto ao meio ambiente, aos mananciais e seus múltiplos usos).

As entidades com responsabilidades ambientais até a presente data, não dispõem de claro poder de veto ou mesmo imposição de restrições — sobre esses equipamentos — diante do interesse sanitário e ambiental. As restrições hoje existentes, apenas contemplam danos pessoais e materiais imediatos.

6 — Cabem em conseqüência, as indagações:

— Falta abrangência de época?

— Conflitos de legislação comprometem?

— A questão comporta aperfeiçoamentos?

O agente encarregado de zelar pelo meio ambiente no controle da poluição, é definido no caso de São Paulo, pela Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, que "dispõe sobre o controle da poluição e do meio ambiente." A lei atribui à CETESB essa competência.

Nela o Art. 2º define como poluição, todo lançamento ou liberação nas águas, ar e solo, de toda e qualquer matéria que possam torná-los entre diversas outras coisas, prejudiciais à segurança sanitária da população. No Art. 6º, a competência para apreciar se estabelece. Assim sendo, cumpre aos demais órgãos da administração direta ou indireta — como a DERSA ou DER no caso estadual ou, aos serviços de trânsito municipais — exigir apresentação de licenças expedidas pela CETESB antes de aprovarem projetos de instalação de fontes de poluição (no caso lombadas como agentes causadores), configuradas no parágrafo único do artigo 5º. Nele, menciona-se como fonte de poluição, qualquer atividade, sistema, dispositivo móvel ou não, que cause ou venha causar emissão de poluentes.

7 — No regulamento, o Art. 78º — Item IV, define: Podem seus agentes intimar por escrito entidades poluidoras ou potencialmente poluidoras — sem distinção se públicas ou privadas — a prestar esclarecimentos em data e local previamente fixados. Eis na lei, o poder.

Na prática, porém, é diverso o exercício quando tais dispositivos — lombadas — são instalados sem essa licença em locais cujo veto é conveniente, diante do interesse ambiental. A resolução do CONTRAN passa à margem de tais considerações. Deixa de incluir restrições ou quaisquer referências às condições ambientais.

8 — Ora, dada a contemporaneidade da preocupação ambiental, evidentemente, tal maneira de desincubir-se da CETESB e outras, deve estar claramente indicada onde na legislação própria do assunto, a consulta seja imperativa. Devem em suma, incorporar-se referências ao texto da resolução nº 635/84 do CONTRAN.

9 — A dúvida quanto à interpretação do Art. 4º da Lei nº 997/76, no tocante à lombada como agente causador, pode ser dirimida no âmbito judiciário arguindo-se:

a) Ser a atividade pública ou privada de colocar lombada ação subordinada à licença preventiva de acidente ecológico ou não.

b) Ser prejuízo, o dano ambiental a que se refere a Lei 997/76 um dos possíveis se, entre veículos afetados, houver dos que transportem cargas perigosas, tóxicas, corrosivas ou poluidoras de mananciais.

c) Ser legítima a ação dos agentes credenciados — conforme o Art. 76º do regulamento da Lei 997/76 — quando impedem construções rodoviárias, potencialmente provocadoras por suas condições específicas de agressões ao meio ambiente, a seu juízo.

10 — EXEMPLO CONCRETO

Um exemplo concreto é o caso do acidente ocorrido no Km 24 da Rodovia Santos Dumont, às 7 horas da manhã do dia 3/4/89, atendido pela CETESB às 16 horas do mesmo dia através de chamado da Polícia Rodoviária.

Um caminhão-tanque, tipo carreta, tombou sobre o leito da estrada carregado com soda cáustica, deixando vaziar parte da carga. O local era considerado "canteiro de obras" da empresa Camargo Correia, empreiteira contratada para executar obras de duplicação da estrada.

De modo específico, embora pudesse justificar pela necessidade quanto ao trânsito, a lombada (até então única), fora colocada entre dois morros de acentuado declive, nas proximidades do bueiro que drena água do fundo do vale. Trata-se de curso d'água de pequeno porte, contribuinte do Rio Jundiá, na altura da cidade de Indaiatuba-SP.

Pouco antes dessa passagem, pela margem esquerda do córrego, instalou a DERSA "tachões" metálicos em fileira dupla à guisa de lombada, transversalmente ao eixo da pista. Tais dispositivos, acrescentando-se, constituem equipamentos diversos dos regulamentados na referida resolução. Com objetivo de interceptar fluxo de veículos e reduzir-lhes a velocidade, terminam por imprimir choques verticais aos veículos mesmo em velocidade reduzida.

Semana antes no mesmo local, outro caminhão, desta vez transportando resina de "Polycryl", acidentou-se. Esparramou sua carga pela outra lateral da pista em idênticas condições. Em acréscimo, no mesmo dia do segundo acidente — o de soda cáustica — pode ser observado ainda um outro caminhão transportador a fazer transbordo de sua carga, em função de avarias sofridas. Desgovernara-se na passagem pelos obstáculos.

11 — Informações da Polícia Rodoviária registravam até aquela data 6 acidentes, após decorridos os 12 primeiros dias de implantação desses "tachões". A sinalização, conforme apreciam especialistas em comunicação visual, seria suficiente ou insuficiente. Independentemente de qualquer consideração nesse sentido, porém, os acidentes ocorreram. Apesar ou justamente.

12 — Além da sempre possível e suposta eficiência de sinalização, há do outro lado a pesar, a genérica e também suposta responsabilidade e experiência dos motoristas transportadores de cargas perigosas. As empresas transportadoras haverão de aplicar critérios rigorosos — supõe-se — na mesma forma como criteriosamente sinalizam-se estradas. Tem-se por necessária a conclusão: Se a sinalização existente for suficiente, também motoris-

tas experientes como transportadores de cargas perigosas acidentam-se, vencidos quer pelo *fator surpresa* introduzido, quer por outras condições de hora e local.

13 — Nos casos relatados, a CETESB registrou os eventos através de auto de inspeção e definiu o destino final da carga derramada, tendo impedido a contaminação das águas. Para isso durante três dias consecutivos empregou engenheiros, custosos homens-hora em acidente evitável antes, a mesma CETESB houvesse apreciado a conveniência ambiental dessa localização.

Conclusões

Tais observações buscam modificar esse quadro de confusa competência. Lombadas quando colocadas unicamente para atender conveniências de tráfego, dependendo da localização específica — e riscos ambientais introduzidos pela sua existência —, devem merecer cuidados até mesmo legislativos. Será necessário dirimir dúvidas sobre competência, fixar condições a serem atendidas de modo impositivo, na hipótese da instalação ser indispensável. O assunto, conforme se verifica, não é gratuito.

Trata-se da forma de como órgãos encarregados do setor têm intervindo em casos concretos. Quando equipes atendem chamados para cuidar de cargas perigosas derramadas e, ainda, de como devem passar a intervir, fixadas de modo claro suas respectivas atribuições.

Por mais suficiência ou insuficiência na sinalização e, ainda, “causas” atribuídas à responsabilidade dos motoristas e até mesmo às empresas transportadoras, sempre será possível acidente, até mesmo por essa causa. Nada adianta responsabilizar um ou outro, após, diante da grandeza dos danos provocados ou potenciais.

Torna-se indispensável, hoje, incorporar obras complementares de prevenção ambiental, na hipótese da impe-

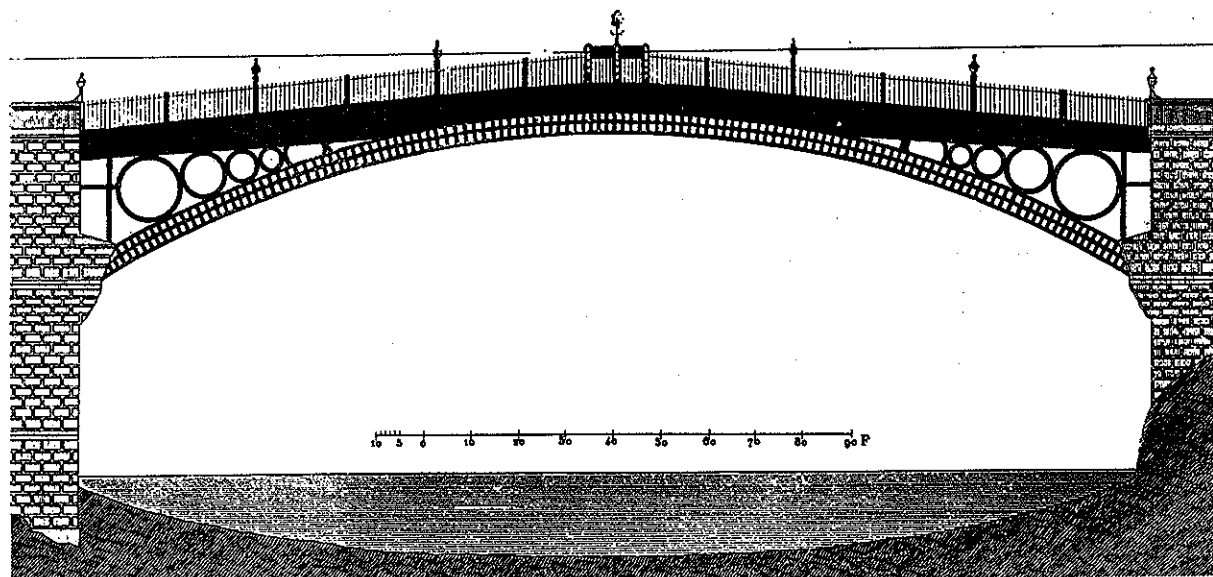
riosa necessidade de tais obstáculos, quando assim decidido pelos órgãos responsáveis.

Algumas exigências ambientais, por exemplo, podem constituir-se em construção de canaletas de coleta, caixas e reservatórios de acumulação em volume compatível com as cargas usualmente transportadas, diques de contenção etc.

Torna-se indispensável, hoje, coibir a possibilidade de aplicação de lombadas sob a égide do confuso fator humano de julgamento onde, além do sacrifício imposto a todos, deixam de atender norma existente no tocante a formas. Geometricamente definidas para garantir transposição sem abruptos choques verticais em baixa velocidade, minimizando efeitos colaterais sobre bens da humanidade, fauna e flora, tais lombadas normalizadas passam a ser exigência ambiental sob controle da CETESB.

Referências bibliográficas

- TRÂNSITO — Revista do Departamento de Operações do Sistema Viário — DSV nº 5 — São Paulo, 1980.
LA VIE URBAINE Nº 1/1971 — Revue de L'Unité d'Enseignement et de Recherche (UER) — Institut d'Urbanisme de Paris — Université de Paris IX — Dunod.
SERVIÇOS DE ENGENHARIA — Manual de cruzamentos rodoferroviários. Contran, Denatran, Ministério da Justiça. Brasília, DF, 1979.
CET — Boletim Técnico nº 5 — Noções Básicas de Engenharia de Tráfego, 1977.
REGULAMENTAÇÃO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS — Ministério dos Transportes. Novembro/1984.
Resolução 635/84 do CONTRAN.
BRANCO, ADRIANO MURGEL — Acidentes Rodoviários, Sinalização e Segurança. São Paulo, 1972.



Efeito da poluição sobre bioindicadores vegetais

Beatriz Ramos Mendonça¹
Eldo Antonio Monteiro da Silva²

RESUMO A influência da poluição atmosférica na região de uma indústria têxtil em Teresópolis, RJ, foi avaliada através da utilização de *Lactuca sativa* (alface), *Daucus carota* (cenoura) e *Brassica rapa* (nabo). Reduções no peso fresco e acúmulo de matéria seca foram observadas em plantas crescendo em diferentes distâncias e altitudes da fonte poluidora. Plantas cultivadas a 50 e a 90 metros da indústria mostraram até 90% de redução do peso seco e 88% do peso fresco. Necroses e cloroses foram observadas nas folhas de alface e nabo nas estações mais próximas da fonte emissora. Plantas hortícolas mostraram possuir qualidades para serem bioindicadoras da poluição atmosférica.

Palavras-chave: dióxido de enxofre, poluição, bioindicadores, Teresópolis.

ABSTRACT Atmospheric pollution nearby a textile industry in Teresópolis, RJ, was assessed utilizing *Lactuca sativa* (lettuce), *Daucus carota* (carrot) and *Brassica rapa* (turnip). Growth reductions was observed in plants growing at different distances and altitudes from the pollution source. Plants cultivated at 50m and 90m far from the industry showed up to 90% of dry weight reduction and 88% fresh weight reduction. Necrosis and chlorosis were observed in turnip and carrot leaves growing on the sample points close to the emission source. Turnip, carrot and lettuce showed good qualities as bioindicators plants.

Key words: sulfur dioxide, pollution, bioindicators, Teresópolis.

A poluição atmosférica nas regiões urbanas tem aumentado devido à crescente atividade industrial e ao aumento do número de veículos motorizados em circulação. A vegetação é grandemente afetada pela emissão de poluentes atmosféricos. Existe uma gama de danos e injúrias causada por poluentes gasosos, alguns dos quais são considerados típicos de determinados poluentes. Por isso, a utilização de plantas como bioindicadores da poluição de ar é muito aceita (Bedi *et alii*, 1982; Hicks, 1976; Jacobson & Hill, 1970).



Em termos de resíduos industriais, o dióxido de enxofre (SO₂) é altamente nocivo à vegetação, e tem sido mais estudado do que qualquer outro composto químico (Hecks, 1976; Jacobson & Hill, 1970; Mudd & Kozlowski, 1975). Análises substanciais de danos causados aos vegetais e os efeitos em um grande número de espécies de plantas susceptíveis ao SO₂ têm sido divulgados (Jacobson & Hill, 1976; Sanders & Reinert, 1982). Concentrações subletais de SO₂ podem não causar efeitos visíveis nas folhas, entretanto, vários processos metabólicos podem ser afetados acarretando um decréscimo no crescimento e conseqüentemente na produção (Keck & Dunning, 1978; Hogsett *et alii*, 1984).

O presente trabalho procurou avaliar o grau de poluição atmosférica, nas redondezas de uma indústria têxtil na cidade de Teresópolis, RJ, pelo uso de plantas bioindicadoras.

1. Estagiária do Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais
2. Professor-Adjunto do Departamento de Biologia Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais

Foram utilizadas as espécies *Lactuca sativa* (alface), *Daucus carota* (cenoura) e *Brassica rapa* (nabo), plantas bioindicadoras comprovadamente sensíveis ao dióxido de enxofre (SO₂) (Hicks, 1976; Jacobson & Hill, 1970; Wood, 1962). Sementes de cenoura e nabo foram semeadas diretamente em sacos plásticos negros com 26 x 14 cm, duas plantas por saco e quatro sacos por espécie, em solo não adubado e irrigadas diariamente. A alface foi germinada em sementeira e posteriormente transplantada para sacos plásticos com o mesmo volume e tipo de solo. As plantas cresceram em um local livre de qualquer sinal de poluição atmosférica proveniente de indústrias. Trinta e seis dias após a semeadura, quatro plantas de cada espécie foram levadas para cada uma das cinco estações de amostragem, onde continuaram a ser irrigadas diariamente. As plantas foram coletadas 86 dias após a semeadura, imediatamente pesadas, para obtenção do peso fresco, e posterior secagem em estufa a 40°C até obtenção do peso seco constante. A influência da poluição atmosférica sobre as plantas foi baseada na redução dos pesos frescos e secos das plantas, crescendo em cada uma das cinco estações de amostragem.

dominante dos ventos e altitude acima do nível do mar são mostradas na *Figura 1*.

Plantas de alface, cenoura e nabo mostraram pesos frescos e secos semelhantes quando cultivadas na área próxima à indústria (*Figura 1*). Entretanto, as plantas das três espécies, cultivadas a cinquenta e noventa metros de distância da fonte poluidora, apresentaram menor crescimento e consequentemente redução dos pesos frescos e secos (*Tabela 1*).

O crescimento das plantas de cenoura e nabo, medido pelo peso fresco, mostrou-se diferente entre os pontos próximos à indústria e à estação de controle a quatorze quilômetros. O crescimento aumentou com a distância, e consequentemente devido à topografia, com a altitude do local de cultivo das plantas (*Tabela 1*).

Drásticas reduções no peso fresco das plantas de alfafa, foram observadas próximas à fonte poluidora. Cerca de 90% de decréscimo no peso fresco foi observado entre as plantas cultivadas nas proximidades da indústria, em relação ao controle situado a quatorze quilômetros da fonte poluidora. Sensíveis variações no peso fresco foram também observadas entre as plantas crescendo no local de controle e os demais locais de amostragem (Tabelas 1 e 2).



O peso seco apresentou grandes variações em todas as espécies e entre as estações de coleta. Para as plantas de alface, verificou-se uma redução de 87,4% entre o peso seco das plantas crescendo na estação 2 com o controle. Reduções semelhantes foram obtidas para as plantas de nabo e cenoura crescendo nas mesmas estações de coleta da alface (Tabela 2).

O fator altura também exerceu influência no efeito da emissão industrial sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. As espécies crescendo na estação 1, ao mesmo nível da indústria, e da estação 2, situada 122m acima do nível da indústria, porém, na direção predominante dos ventos, mostraram maior redução no crescimento, com base nos pesos frescos e secos (Figura 1, Tabela 1).

As análises de solo feitas pré e pós-colheita, evidenciaram um pH médio de 6,8 para todas as estações, não mostrando alterações sensíveis com relação ao nível de altitude e distância da indústria. Os teores de fósforo, potássio, alumínio, cálcio e magnésio mostraram-se dentro dos padrões normais para o crescimento adequado das plantas.

Discussão

Plantas crescendo em atmosferas próximas a parques industriais, estão sob "stress" ambiental, causado por poluentes atmosféricos (Linzon, 1965; Reinert & Heck, 1982). As plantas cultivadas na região da indústria têxtil, em Teresópolis, mostraram reduções no crescimento, medidas pelos pesos frescos e secos. O histórico da indústria de tecidos, associado tanto à fonte de energia utilizada — a madeira — como também os sintomas foliares típicos, sugere que quantidades substanciais de SO₂ são emitidas para a atmosfera diariamente (Brandt & Heck, 1968).

As condições meteorológicas, como velocidade e direção dos ventos e área de estagnação, associadas à conformação topográfica, podem aumentar os efeitos dos agentes fitotóxicos na atmosfera sobre o ecossistema vegetal (CETESB, 1984). A região onde a indústria têxtil se localiza apresenta condições que favorecem o efeito de poluentes sobre as plantas crescendo nas redondezas onde este estudo foi conduzido (Figura 1). Plantas situadas próximas ao nível da tecelagem mostraram maiores reduções no desenvolvimento, principalmente com relação às cultivadas em áreas livres dos agentes atmosféricos tóxicos (Tabela 2).

Cloroses e necroses, amareladas e esbranquiçadas, são sintomas foliares típicos da presença de SO₂ na atmosfera (Hicks, 1976; Jacobson & Hill, 1970; Mudd & Koslowski, 1975). Alface e nabo, plantas sensíveis a este poluente, apresentam manchas amarelas e esbranquiçadas quando expostas a concentrações tóxicas de SO₂ (Brandt & Heck, 1968; Jacobson & Hill, 1970; Whitmore & Mansfield, 1983). Visualmente, notou-se cloroses semelhantes, típicas de injúria causada por SO₂, nas plantas utilizadas neste experimento, o que sugere uma possível toxidez por SO₂ ou outro poluente agindo sinergicamente. (Mudd & Koslowski, 1975; Reinert & Heck, 1982; Sanders & Reinert, 1982).

O SO₂ penetra nas plantas através dos estômatos e pode causar alterações metabólicas com conseqüente redução no crescimento e desenvolvimento das plantas (Elkiey & Ormrod, 1979; Keller, 1984; Kovar, 1982; Majernik & Mansfield, 1970; Miyake *et alii*, 1984; Unsworth *et alii*, 1972). O grau de penetração está diretamente relacionado com a abertura e o fechamento dos estômatos. Condições ideais para a abertura destes facilitam a penetração de SO₂ nas plantas causando maiores degradações no tecido foliar (Elkiey & Ormrod, 1979; Majernik & Mans-

Tabela 1 — Média dos pesos fresco e seco de três espécies hortícolas

Distância Fonte Emissora	Alface		Cenoura		Nabo	
	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)
Estação 1 (50m)	9,5 ± 3,6	0,9 ± 0,5	7,5 ± 1,8	0,57 ± 0,3	5,0 ± 1,5	0,8 ± 0,2
Estação 2 (90m)	8,3 ± 2,0	0,55 ± 0,2	4,2 ± 1,6	0,3 ± 1,6	8,0 ± 2,0	0,8 ± 0,2
Estação 3 (115m)	11,2 ± 3,4	0,8 ± 0,7	7,0 ± 0,8	0,5 ± 0,1	11,0 ± 1,2	1,5 ± 0,5
Estação 4 (237m)	15,7 ± 3,9	1,6 ± 0,6	8,2 ± 1,6	1,1 ± 0,6	13,7 ± 2,1	2,5 ± 0,7
Estação 5 (14.000m)	96,2 ± 8,4	4,3 ± 1,0	15,0 ± 3,5	2,1 ± 0,6	42,5 ± 12,5	5,5 ± 1,7

Tabela 2 — Reduções em porcentagem do crescimento das plantas em relação ao local de controle (estação 5)

Distância da Fonte Emissora	Alface		Cenoura		Nabo	
	Peso Fresco(g)	Peso Seco(g)	Peso Fresco(g)	Peso Seco(g)	Peso Fresco(g)	Peso Seco(g)
Estação 1 (50m)	90,1%	78,3%	50,0%	73,5%	88,2%	84,6%
Estação 2 (90m)	91,3%	87,2%	72,0%	83,8%	80,1%	85,5%
Estação 3 (115m)	88,3%	81,4%	53,3%	74,7%	74,1%	71,4%
Estação 4 (237m)	83,5%	62,8%	45,0%	45,9%	67,7%	53,2%

field, 1970; Unsworth *et alii*, 1972). Plantas cultivadas nas proximidades da indústria têxtil mostraram maiores reduções no crescimento do que aquelas situadas em locais mais distantes (Tabela 2).

A sensibilidade das plantas a determinados poluentes pode ser uma bioindicação para os teores de gases fitotóxicos na atmosfera (Bedi *et alii*, 1982; Hogsett *et alii*, 1984). As espécies utilizadas, citadas como sensíveis ao SO₂, mostraram sintomas de cloroses nas folhas das plantas de alface e nabo, crescendo a cinquenta e a noventa metros da fonte poluidora. Plantas de feijão exibem sintomas necróticos com níveis de 5 ppm de SO₂ (Hicks, 1976). Isto leva a deduzir que a área, nas redondezas da indústria, contenha na atmosfera índices poluidores com níveis aproximados ao fitotóxico. Provavelmente, as plantas nativas da região devam, também, estar sendo afetadas pela emissão de SO₂ na atmosfera.

Análises de solo, dos recipientes utilizados nos locais próximos à indústria, não demonstraram alteração química em relação às amostras coletadas a quatorze quilômetros da fonte de emissão. O pH médio de 6.8 e os níveis normais de elementos químicos (P, K, Al, Mg, e Ca) demonstraram que o solo não foi o fator de redução do crescimento das plantas. Resultados, com base nos pesos frescos e secos, evidenciaram reduções no crescimento das plantas cultivadas em diferentes distâncias e altitudes nas proximidades da indústria. Tal observação suporta a tese de que a atmosfera foi o principal fator que causou a redução no desenvolvimento e crescimento das plantas bioindicadoras.

Conclusões

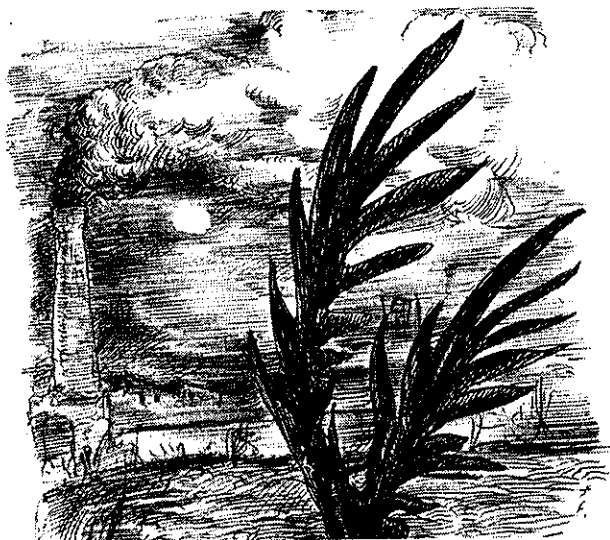
Devido ao decréscimo no crescimento, baseado no peso fresco e seco, das plantas estudadas e pela distribuição das espécies em diversos locais e em diferentes distâncias e altitudes, conclui-se que as concentrações de poluentes na atmosfera afetam o ecossistema vegetal próximo à indústria. A utilização de plantas prova que espécies como alface, cenoura e nabo têm qualidades bioindicadoras de poluição atmosférica.

Faz-se necessário um estudo mais aprofundado sobre os efeitos da poluição atmosférica industrial nos nossos ecossistemas vegetais.

Referências

- BEDI, S.J.; PATEL, M.D. & SHAH, K.G. Ecomorphological and phytochemical studies to determine the pollutant and its source causing damage to vegetation: A case study of damage to banana plantation. *Indian U. Ecol.*, 9:335-338, 1982.
- BRANDT, C.S. & HECK, W.W. *Effects of air pollutants on vegetation*. New York, Academic Press, 1968, 443 p.
- CETESB, A degradação da vegetação da Serra do Mar em Cubatão. Relatório preliminar 05464, 1984.
- ELKIEY, T. & ORMROD, D.P. Leaf diffusion resistance responses of three petunia cultivars to ozone and/or sulfur dioxide. *APCA*, 29:622-625, 1979.
- HECK, W. W. & DUNNING, J. A. Response of oats to sulfur dioxide interactions of growth temperature with

- exposure temperature or humidity. *APCA*, 28:241-246, 1978.
- HICKS, O.R. Diagnosing vegetation injury caused by air pollution *EPA, ASA*, 4:1-12, 1976.
- HOGSETT, W.E., HOLMAN, S.R., GUMPERITZ, M.L. & TINGEY, P.T. Growth response in radish to sequential and simultaneous of NO₂ and SO₂ *Environ. Pollution*, 33:303-325, 1984.
- JACOBSON, J. S. & Hill, A.C. *Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas*. Inform. Rep. N° 1, Pennsylvannia, APCA.
- KELLER, T. Direct effects of sulfur dioxide on trees. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 305:317-326, 1984.
- KOVAR, P. Plant strategies and the crop cultivation strategy in polluted environment. *Ekologia*, 1:337-342, 1982.
- LINZON, S.N. Sulfur dioxide injury to trees in the vicinity of petroleum refineries. *Forest Chronicle*, 41: 245-250, 1965.
- MAJERNIK, O & MANSFIELD, T.A. Direct effect of SO₂ pollution on degree of opening of stomata. *Nature*, 227: 377-378, 1970.
- MIYAKE, H., FURUKAWA, A., TOTSUKA, T. & MAEDA, E. Differential effects of ozone and sulfur dioxide on the fine structure of spinach leaf cells. *New Phytol.* 96:215-228, 1984.
- MUDD, J.B. & KOZLOWSKI, T. T. *Responses of Plants to Air Pollution*. New York, Academic Press, 1975, 383p.
- REINERT, R.A. & HECK, W.W. Effects of nitrogen dioxide in combination with sulfur dioxide and ozone on selected crops. *J. Amer Pollut. Contr. Ass.* 19:24-30, 1982.
- SANDER, J. S. & REINERT, R.A. Screening Azalea cultivars for sensitivity to nitrogen, dioxide, sulfur dioxide, and ozone alone and in mixtures. *J. Amer. Soc. Horty. Sci.*, 107:87-90. 1982.
- UNSWORTH, H., BISCOE, P.V. & PINCKNEY, H.R. Stomatal responses to sulfur dioxide, *Nature*, 239:458-459, 1972.
- WHITMORE, M. E. & MASFIELD, T. A. Effects of long-term exposures to SO₂ and NO₂ on *Poa pratensis* and other grasses. *Environ. Pollution*, 31:217-235, 1983.
- WOOD, F.A. Discussion at Symposium on Air Quality Criteria. *J. Occup. Med.*, 10:92-102, 1962.



A política ambiental e o desenvolvimento

Ivan Carlos Maglio

Resumo: O artigo discute os modelos de desenvolvimento e suas relações com políticas governamentais de meio ambiente, especialmente a busca de novas estratégias e políticas, para o desenvolvimento sustentável, bem como a aplicação desses conceitos na análise do desenvolvimento brasileiro e da atual política de meio ambiente. A estrutura e as políticas brasileiras de meio ambiente são também analisadas com ênfase no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu Relatório (RIMA), e a aplicação de ambos nos últimos quatro anos, desde sua introdução pela Resolução CONAMA nº 001, em 1986. As questões levantadas na aplicação do EIA/RIMA pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental da SMA-São Paulo são também examinadas em comparação com outros Estados brasileiros (experiência quantitativa e tipos de projetos), especialmente a experiência de análise do EIA/RIMA em São Paulo. Na sequência, o artigo demonstra a possibilidade da aplicação do EIA como instrumento de gerenciamento a nível local, regional, nacional e global, como apoio ao planejamento do desenvolvimento, como um pré-requisito para formulação da política nacional de desenvolvimento sustentável. A aplicação do EIA no Brasil é também considerada no âmbito da experiência internacional, no sentido de recomendar uma rede de interação dos países latino-americanos e do Caribe com o estabelecimento de diretrizes comuns para o EIA.

Palavras-chave: ecodesenvolvimento; zoneamento ambiental; modelos de desenvolvimento sustentável; impacto ambiental; política ambiental.

Abstract — The article discusses the development models and their relationship with government environmental policies, specially the search for new strategies and policies for sustainable development, as well as the application for these concepts to the analysis of Brazilian development and current environmental politics. The Brazilian environmental structure and policies are also analysed, with emphasis on the Environmental Impact Assessment (EIA) and Statment (EIS) and their application in the last four years, since their introduction by the CONAMA Resolution nº 001 in 1986. The questions raised in EIA/EIS application by the Environment Planning Coordination Board (CPLA) of SMA-São Paulo ENVIRONMENT Secretariat — are also examined in comparison with the other Brazilian States (quantitative experience and ranking of projects), specially the EIA-REVIEW experience of São Paulo AGENCY. In sequence, the article demonstrates the possibility of applying EIA as a management tool at the local, regional, national and global levels in support of planning development policy, as a pre-requisite to improve a national sustainable development policy.

The Brazilian EIA application is also considered within the International Experience, towards the recommendation of making a framework of an EIA/Guideline to the Latin American and Caribbean Countries.

Key words: ecodesvelopment; environmental zoning; development models; sustainable development; environmental impact; environmental policy.

Uma análise correta da política ambiental e de seus instrumentos — Zoneamento Ambiental e EIA/RIMA — requer uma abordagem que leve em conta as alternativas adotadas pelas políticas públicas do país, as quais refletem o modelo de desenvolvimento adotado. Dentre os modelos antropocêntricos¹ — que levam em conta a intervenção do homem no meio ambiente — destaca-se o hiperdesenvolvimentismo, que, colocando toda ênfase no avanço dos estágios econômicos, provoca a concentração da renda e a destruição dos recursos naturais. Os conflitos gerados com a adoção desse modelo se originam, essencialmente, do seu caráter predatório e da crescente conscientização, a nível mundial, da problemática ambiental. Nesse modelo não existe interesse em se definir uma política e uma legislação ambientais, como também não se cogita da possibilidade de implantação de um sistema de gestão ambiental.



Já o modelo de *desenvolvimento atenuado* considera o estágio das forças produtivas do país, embora não leve em conta suas potencialidades de um ponto de vista globalizante: concede uma atenção especial a políticas através das quais se obtém um crescimento econômico em detrimento, muitas vezes, daquelas que propiciam equilíbrio ambiental e distribuição de renda. Nesse contexto, a política ambiental apresenta traços de legislação de caráter parcial. Os méto-

(1) Os modelos antropocêntricos, diferentemente dos biocêntricos, com base fundamentalista, que propõem a preservação absoluta da natureza, postulam sua conservação.

Engenheiro Civil, especializado em Planejamento Urbano, Regional e Ambiental, e pós-graduado em Antropologia Política e Ciências Sociais e Engenharia Mineral, exercendo atualmente a direção da Coordenadoria de Planejamento Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo — SMA.

dos de análise privilegiam o reducionismo e o sistema de gestão ambiental é centralizado e não-integrado aos demais sistemas de gestão públicos. As ações de planejamento e controle não se dão de forma articulada e os impactos negativos são controlados por parâmetros, ou padrões de controle, baseados em "standarts" aplicados a países desenvolvidos.

O *ecodesenvolvimento*, ou desenvolvimento auto-sustentável, por sua vez, objetiva um modelo integrado cuja perspectiva é estabelecer relações balanceadas entre meio ambiente e desenvolvimento (Secretaria do Meio Ambiente, 1987), ou seja, buscam-se políticas públicas gerais que levam em conta os limites colocados pela renovação dos recursos naturais, considerados em sua totalidade — os padrões ambientais são estabelecidos a partir de um enfoque holístico (Samuel Murgel Branco, 1989)².

Algumas tentativas de conceituar esse modelo são feitas por vários autores, entre elas aquela contida no *Relatório Brundtland* (Brundtland Report, WCED — World Commission on Environment and Development), através da seguinte afirmação: "A humanidade tem a capacidade de realizar o desenvolvimento sustentável, assegurando o que necessitamos no presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras". Outra tentativa é aquela realizada pelo economista inglês David Peirce, no *Relatório Blueprint for a Green Economy*, elaborado para o UK Department of Environment, em 1989, quando postula a necessidade da integração dos conceitos de conservação ambiental a políticas macro e microeconômicas, como valor essencial para o bem-estar da humanidade. É dele também a afirmação: "os impactos do sistema econômico no ambiente, pelo uso de recursos naturais, emissão de resíduos, pela mudança das funções do ambiente natural e construído, pela alteração global dos sistemas de suporte à vida de que todos dependemos, constituem o novo desafio ambiental para o século XXI".

A Política Ambiental no Brasil

O modelo de desenvolvimento atenuado é o que mais se aproxima atualmente do adotado em nosso país, embora as reivindicações do movimento ecológico e de alguns setores da sociedade apontem na direção do *ecodesenvolvimento*, o que "implica uma reformulação das estratégias atuais no sentido de serem adotadas políticas integradas e abrangentes, envolvendo o planejamento e o gerenciamento globais de recursos ambientais, e também de se criar instrumentos e formas de organização adequadas a esses objetivos" (Elisabeth Monosowski, 1989). Pois, desde já, com o amadurecimento do movimento ambientalista, vem sendo colocada a questão do *ecodesenvolvimento* no país. Nesse sentido, o EIA — Estudo de Impacto Ambiental — e o RIMA — Relatório de Impacto ao Meio Ambiente — constituem um importante subsídio, uma vez que colocam em questão a discussão de novas estratégias para as políticas públicas, planos, programas e projetos em curso no país. O EIA — Estudo de Impacto Ambiental — pode ser definido como um instrumento que, se utilizado como recurso de planejamento, objetiva promover o desenvolvimento ecologicamente sustentável. E, por se constituir numa análise que abarca inúmeras possibilidades de intervenção, ele pode ser concebido como um método a ser utilizado na ava-

liação de planos, programas e projetos de aplicação regional ou local. Do ponto de vista histórico, ele tem sido compreendido como um instrumento de planejamento ambiental cuja prática vem se sedimentando no país, desde 1986.

Sua introdução em nossa política ambiental, através da Resolução CONAMA 001/86, constitui uma importante conquista à medida que requer a análise da viabilidade ambiental na implantação de obras com capacidade de provocar significativas modificações no meio ambiente. E atender essa exigência implica que os estudos de impacto ambiental adquiram uma amplitude tal que, se por um lado extrapola a perspectiva da análise setorial — especialmente as formas de controle através de padrões de poluição do ar, do solo ou da água —, por outro desperta a exigência de se levar em conta toda e qualquer alteração provocada nos ecossistemas, quer se exerça nas comunidades tradicionais, na saúde, nos aspectos sociais e econômicos e, até mesmo, na dimensão cênico-paisagística. Essas características do EIA, que introduzem a análise sistêmica, integrada e globalizante na abordagem das intervenções do meio ambiente, fazem com que ele se constitua num importante instrumento de planejamento ambiental.

O EIA, enquanto instrumento, é aplicável, inclusive, na avaliação dos planos e programas regionais e locais, como, por exemplo, as Diretrizes do Plano Diretor do Município de São Paulo.

Se nos determos na evolução do planejamento físico-territorial no Brasil, verificamos que ela ocorreu principalmente nas décadas de sessenta e setenta em função dos trabalhos realizados pelo GEGRAM/EMPLASA na Grande São Paulo, do treinamento multidisciplinar de técnicos realizado pelos cursos de pós-graduação em planejamento regional, organizados pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) e pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), entre outras. A prática do planejamento físico-territorial praticamente desapareceu em termos de ação governamental na década de oitenta, e muitas de suas ferramentas técnicas são retomadas pela análise ambiental (EIA/RIMA e Zoneamento Ambiental).

Problemas na Aplicação do EIA/RIMA no País

Embora a prática do EIA/RIMA venha contribuindo para a discussão da política ambiental em suas várias interfaces com outras políticas setoriais, trazendo novas diretrizes e formulações para o planejamento ambiental, particularmente através das audiências públicas e dos conselhos estaduais de meio ambiente, sua aplicação ainda se defronta com sérios problemas, alguns dos quais serão aqui relacionados.

1 — A redução da análise ambiental a avaliações extremamente pontuais, localizadas, que deixa de levar em conta as diversas dimensões, ou cenários regionais, o que pode provocar desajustes e, até mesmo, conflitos, nos próprios objetivos regionais e intersetoriais. Para exemplificar esse problema citam-se os EIAs de empreendimentos hidrelétricos, analisados em dissonância com a Matriz Energética Nacional e com o Balanço Hídrico Regional.

2 — A tradição de conhecimentos localizados, aliada à inexperiência em trabalho multidisciplinar integrado — com linguagens e metodologias comuns —, contribui para

(2) Alguns autores postulam a existência de um modelo intermediário entre o de desenvolvimento atenuado e o de *ecodesenvolvimento*.

a perpetuação de análises parciais e reducionistas. Daí a necessidade de realizar treinamento de pessoal e formação de equipes multidisciplinares para a análise e elaboração de estudos integrados.

3 — A ausência de dados históricos sistematizados impossibilita a elaboração de análise ambientais que focalizem o aspecto qualitativo. Há a tendência de se elaborar análises que, baseadas em indicadores econômicos e financeiros, levam em conta apenas o aspecto quantitativo, não absorvendo valores agregados na utilização de recursos naturais, mesmo porque estes, em alguns casos, são dificilmente quantificáveis — por exemplo, como quantificar a perda de produção primária envolvida na destruição de manguezais?

4 — A ausência de parâmetros de controles ambientais, biológicos, epidemiológicos e sanitários para alguns impactos específicos, como é o caso dos ruídos, da dispersão dos poluentes, dos efeitos da destruição dos manguezais.

5 — A ausência de guias para orientação específica do plano de trabalho de certos casos típicos como mineração, barragens, aterros sanitários, distritos industriais, através dos quais se possam estabelecer todos os aspectos a serem analisados e quantificados³.

6 — A resistência de algumas agências governamentais, particularmente nos setores de energia e transporte — tanto a nível estadual como federal —, que ainda não se conscientizaram do fato de que a racionalização do uso dos recursos naturais e o esforço de conservação da natureza são fundamentais para o desenvolvimento econômico da nação. Apesar de os EIAs existirem por força da lei, as agências ainda desprezam os argumentos ambientalistas, embora não o façam publicamente. Minimizando esta dificuldade — é preciso ressaltar —, existe o fato de a opinião pública ser cada vez mais favorável aos procedimentos de controle ambiental.

7 — Igualmente, outra dificuldade é a resistência dos políticos e autoridades locais contra a regulamentação que, por aparentemente constituir restrições ao desenvolvimento urbano, pode causar prejuízo aos cofres públicos. O anseio por um desenvolvimento desenfreado no litoral tem levado, por exemplo, alguns prefeitos a adotarem uma atitude de convivência com a destruição da paisagem, aterro de manguezais etc. Somente a promoção de campanhas ambientalistas, que utilizem os meios de comunicação — rádio, tevê, jornais — e que organizem a sociedade civil, pode concorrer para a aplicação efetiva da legislação e para sua fiscalização. Também a prática da participação da comunidade na organização de audiências públicas permite a disseminação dos conceitos ambientais e auxilia na compreensão de suas contribuições para o desenvolvimento.

8 — A visão setorializada de parte do movimento constitui uma séria dificuldade. Ao defender uma posição que prega a preservação absoluta da natureza, este ponto de vista, embora válido, deve ser explicitado e avaliado. Os procedimentos de avaliação de impacto ambiental chocam-se com as atitudes contrárias a qualquer forma de intervenção, mesmo com aquelas baseadas na escolha correta de alternativas cujos objetivos redundem em novos benefícios sociais.

9 — A ideologia vigente do crescimento e do desenvolvimento econômico a qualquer preço, defendendo o ponto de vista de que os recursos são infinitos, a riqueza do

País, inesgotável e que, conseqüentemente, existe muita terra ainda à disposição. Esta postura neocolonialista é, inclusive, responsável pela ocupação inadequada da Amazônia. E o “milagre” econômico produzido pelos governos militares outra coisa não fez senão potencializar a ideologia do progresso a qualquer custo — com a destruição das florestas e exploração intensiva de nossos recursos minerais.

10 — Finalmente, o abandono das práticas de planejamento físico-territorial, fruto do domínio exercido pelos setores financeiros sobre os demais setores do conhecimento técnico, e o decorrente desmantelamento dos órgãos existentes de planejamento concorrem para a ampliação das dificuldades na implementação de uma política nacional de meio ambiente, que coloque a perspectiva do equilíbrio e do balanceamento entre as políticas de desenvolvimento e a conservação dos recursos naturais. A definição das restrições e condições de uso dos espaços naturais se dá através do zoneamento ecológico e do EIA/RIMA, que se destacam como instrumentos básicos em face da necessidade de aprimoramento do sistema de gestão ambiental. Retomar o planejamento físico-territorial — urbano, regional e local —, considerada a variável ambiental, desenvolver o zoneamento dos diferentes espaços, o planejamento ambiental das bacias hidrográficas do Estado são necessidades que se colocam para que o EIA seja utilizado como instrumento de decisão conectado com o planejamento global.

Importantíssima, também, é a experiência do Contra/RIMA — isto é, dos pareceres elaborados pelo órgão ambiental em face dos EIA-RIMAs realizados por equipes independentes de consultoria —, particularmente em face do conhecimento acumulado das equipes técnicas dos órgãos ambientais (Coordenadoria de Planejamento Ambiental-SMA). Pois, após a apresentação do EIA/RIMA à Secretaria do Meio Ambiente, são utilizadas equipes multidisciplinares para a elaboração do Contra/RIMA, isto é, dos pareceres que avaliam o diagnóstico ambiental, o método de avaliação dos impactos, os impactos detectados, as medidas mitigadoras e os sistemas de monitoramento que podem incluir novas questões, as quais podem exigir a incorporação de novas medidas. Alguns resultados quantitativos e a posição dos projetos analisados no Brasil, pela Secretaria de Meio Ambiente, desde março de 1987 até maio de 1990, estão demonstrados nos quadros I, II e III.

O Zoneamento Ambiental, enquanto instrumento de análise e ferramenta de política ambiental, completa o EIA/RIMA na perspectiva de desenvolver instrumentos de planejamento ambiental que promovam avanços na direção do desenvolvimento *ecologicamente sustentável*. Este instrumento, porém, ainda se encontra, no Brasil, em fase embrionária, em que pese a nova Constituição que exige a elaboração de planos diretores e legislações especiais para a Zona Costeira, Amazônia, Pantanal, Mata Atlântica e Áreas de Proteção Ambiental. Entretanto, a prática recente consagrou o EIA/RIMA e os processos de avaliação ambiental, enquanto o zoneamento limita-se ainda a algumas experiências em andamento no País. Sendo assim, o EIA/RIMA e os processos de avaliação ambiental devem contribuir com insumos, diretrizes e formulações para o planejamento ambiental das regiões impactadas e áreas de influência. Particularmente através de audiências públicas e das deliberações dos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente.

(3) Vale a pena ressaltar a iniciativa da SMA (CPLA) em elaborar manuais de EIA/RIMA, para tratamento de resíduos sólidos, para adequação de distritos industriais, entre outros.

Quadro I — Número de Estudos de Impacto no Brasil (até dezembro 88)

	Analizados	Em Tramitação	Total	Em Elaboração
1. Acre	0	0	0	1
2. Alagoas	9	2	11	5
3. Amazonas	—	—	—	—
4. Bahia	s/i	5	5	—
5. Ceará	9	s/i	9	—
6. Distrito Federal	4	s/i	4	—
7. Espírito Santo	3	2	5	—
8. Goiás	5	7	12	—
9. Maranhão	13	s/i	13	—
10. Mato Grosso	—	—	—	—
11. Mato Grosso do Sul	3	4	7	—
12. Minas Gerais	—	—	—	—
13. Pará	—	—	—	—
14. Paraíba	25	10	35	—
15. Paraná	4	4	8	2
16. Pernambuco	8	s/i	8	—
17. Piauí	2	2	4	8
18. Rio Grande do Norte	—	—	—	—
19. Rio Grande do Sul	5	4	9	6
20. Rio de Janeiro	1	0	1	1
21. Rondônia	3	s/i	3	—
22. Santa Catarina	—	—	—	—
23. Sergipe	—	—	—	—
SUBTOTAL	94	40	134	23
24. São Paulo	46*	45	91	—
TOTAL	140	85	225	23

Fonte: Consulta a órgãos ambientais

* - 23 reprovados

s/i - sem informação

Quadro II — Processos de estudos de Impacto — CPLA/DAIA — SMA/São Paulo — até dez./88

Rank	Analizados			Em Tramitação			Total			Em Desen-volvi-mento
	Outros Estados	SP	Total	Outros Estados	SP	Total	Outros Estados	SP	Total	
• Mineração	20	29	49	13	25	38	33	54	87	—
• Usinas Hidrelétricas	03	—	03	06	01	07	09	01	10	01
• Projetos Hidráulicos	10	02	12	04	02	06	14	04	18	04
• Indústrias	22	01	23	09	—	09	31	01	32	07
• Proj. Urbanísticos	07	04	11	01	05	06	08	09	17	—
• Tratamento de Resíduos Sólidos	03	07	10	01	07	08	04	14	18	01
• Oleodutos	07	02	09	01	01	02	08	03	11	05
• Rodovias	05	—	05	01	—	01	06	—	06	01
• Ferrovias	04	—	04	01	—	01	05	—	05	—
• Emissário Submarino	—	—	—	01	02	03	01	02	03	01
• Exploração Combustíveis Fósseis	02	—	02	—	—	—	02	—	02	—
• Metrô	—	—	—	—	—	—	—	—	—	02
• Zona Central de Exportação	01	—	01	—	—	—	01	—	01	—
• Terminal de Produtos Químicos	03	—	03	01	—	01	04	—	04	—
• Assentamento Rural	—	—	—	—	—	—	—	—	—	01
• Despoluição de Lagos	01	—	01	—	—	—	01	—	01	—
• Linhas de Alta Tensão	03	01	04	—	—	—	03	01	04	—
• Projetos Agropecuários	—	—	—	—	01	01	—	01	01	—
• Rede de Distribuição de combustíveis	—	—	—	—	01	01	—	01	01	—
• Exploração Florestal	02	—	02	—	—	—	02	—	02	—
• Reflorestamento/fonte alternativa de energia	01	—	01	01	—	01	02	—	02	—
TOTAL	94	46	140	40	45	85	134	91	225	23

Quadro III — Empreendimentos com EIA/RIMA no Brasil
CPLA — DAIA — SMA/São Paulo — dez./88

1. Mineração
 - Mármore
 - Ouro
 - Fosfatos
 - Areia
 - Argila
 - Salgema
 - Calcário
 - Pedreira
 - Granito
 - Quartzito
 - Rochas gnáissicas
 - Turfeiras
 - Sem especificação
2. Obras Hidráulicas
 - Projetos de ligação
 - Barragens (irrigação/abastecimento)
 - Túnel extravasor
 - Derrocamento subaquático
 - Desassoreamento de rios
 - Dragagem de rios
 - Canalização de rios
 - Aterro hidráulico para retroporto
3. Indústrias
 - Agroindústria
 - Química
 - Papel/Celulose
- Cimento
- Produtos alimentares
- Siderurgia
- Argilas ativadas
- Complexo industrial portuário
- Pólo Industrial (quím. petro)
- Ferroligas
4. Projetos Urbanísticos
 - Conjuntos Habitacionais
 - Loteamentos (urbanos e industriais)
 - Túnel
 - Distritos Industriais
5. Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos
 - Aterros Sanitários
 - Aterro de resíduos perigosos
 - Usinas de incineração de resíduos industriais urbanos
 - Usinas de reciclagem e compostagem de lixo
 - Estação de transbordo
 - Central de tratamento de resíduos tóxicos
6. Dutos
 - Gás
 - Óleo
 - Eteno
 - Cloro

Quadro IV — Situação Atual dos processos de EIA/RIMA no Estado de São Paulo

	Tramitação	Aprovados	Reprovados	Outros	Total
Projetos de Sistema de Tratamento de Esgotos	06				06
Dutovias	02	03	—	01	06
Proj. Resíduos Sólidos	02	13	01	03	19
Projetos Urbanísticos	07	03	—	02	12
Projetos Rurais	03	03	—	—	06
Mineração	44	24	21	13	102
Ampliação de Porto	01	01	—	—	02
Rodovias	03	02	05	01	07
Ferrovias	01	—	—	—	01
Hidrelétricas	03	01	—	—	04
Projetos Hidráulicos	02	02	—	—	04
Linha de Transmissão	01	01	—	—	02
Destilaria	01	—	—	—	01
Terminal Abastecimento	01	—	—	—	01
Turfeira	—	01	—	—	01
Distritos Industriais	—	02	—	01	03
TOTAL	77	56	23	21	177

Fonte: DAIA — Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental — CPLA — SMA
Período: junho 87 — maio 90

Ao planejamento ambiental está, então, colocado o desafio de incorporar e aperfeiçoar a experiência acumulada. Por exemplo, na Região Metropolitana de São Paulo — RMSP, a experiência desenvolveu as Leis de Proteção aos Mananciais e a Legislação de Zoneamento Industrial, que introduziram questões ambientais ao planejamento metropolitano. Ao colocar este desafio objetiva-se que o instrumento de análise ambiental se complete com a aplicação simultânea dos dois instrumentos: o EIA/RIMA e o Zoneamento Ambiental.

A Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, através da Coordenadoria de Planejamento Ambiental, vem promovendo a execução de projetos de zoneamento ambiental aplicados ao litoral — através de gerenciamento costeiro do litoral Sul e Norte, das Áreas de Proteção Ambiental, do zoneamento ambiental de bacias hidrográficas balisado por um diagnóstico ambiental do Estado de São Paulo.

A perspectiva da implantação de sistema de gestão ambiental está sendo colocada nesses projetos e estas experiências têm levado à discussão novas questões ligadas ao zoneamento ambiental, com as comunidades envolvidas. Esta experiência coloca contribuições para a elaboração de uma proposta de planejamento ambiental baseada em sistemas de gestão integrados e participativos e para implantação de programas de desenvolvimento e recuperação ambiental.

Perspectivas para a Aplicação do EIA no Brasil e a Experiência Mundial

As considerações que se seguem são frutos das reflexões feitas a partir dos seminários internacionais realizados sobre EIA para países em desenvolvimento, em Nova Delhi, Índia, em novembro de 1988, e pela Universidade de Aberdeen, Escócia, Reino Unido, em julho de 1990.

Para a maioria dos países em desenvolvimento, a utilização do EIA enquanto instrumento/método de análise ambiental ainda é bastante restrita a aplicações de modelos reducionistas, à aplicação de parâmetros de controle de poluição a partir de padrões estabelecidos nos países desenvolvidos. Poucos países em desenvolvimento encontram-se na situação do Brasil onde a legislação ambiental, consolidada na Constituição de 1988, é avançada, colocando nossa experiência de aplicação do EIA/RIMA, no nível dos países desenvolvidos, onde esse instrumento é utilizado há mais de duas décadas como é o caso do Canadá, EUA, Escócia, Holanda e França. Nosso sistema de gestão institucional — o CONAMA e os Conselhos Estaduais de Meio Ambiente — representa uma experiência com forte suporte democrático e descentralizado. O CONSEMA em São Paulo, composto por 36 membros, paritários entre entidades governamentais e não-governamentais, com poder de decisão sobre os estudos de impacto de grandes projetos, representa uma experiência democrática inédita em termos de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Recentemente, o seminário internacional realizado em Aberdeen suscitou novas questões para o aprimoramento do EIA. E, no que concerne à análise das políticas de desenvolvimento e suas relações com os problemas ambientais, torna-se cada vez mais claro que os problemas de produção de bens e serviços não podem ser analisados sem

se levar em conta a necessidade de garantia de equidade na distribuição social desses bens e da conservação da natureza através da manutenção da biodiversidade.

Nesse sentido, o EIA, que vem sendo aplicado a nível local e regional como instrumento de avaliação ambiental de projetos, deve ser utilizado como uma ferramenta a nível nacional, continental e global; como um suporte para as políticas de desenvolvimento. Sua utilização deve ser enfatizada como método capaz de promover o desenvolvimento sustentável.

Uma importante recomendação, aos países da América Latina e do Caribe, é que sejam envidados esforços para a formulação de diretrizes de avaliação de impacto ambiental e de todo o suporte técnico necessário para que os impactos de grandes projetos, a exemplo dos brasileiros como Hidrelétrica de Itaipu, Usina Termoeletrica de Candiota e a exploração mineral e agropecuária no Pantanal e na Amazônia, que vêm afetando os recursos ambientais dos países vizinhos, sejam avaliados.

O Brasil poderá colocar à disposição a experiência brasileira de aplicação do EIA nos aspectos legal-institucional e técnico-metodológicos, para a formulação de diretrizes comuns de avaliação ambiental, tendo em vista a possibilidade de avançar nessa direção com as resoluções da Conferência Mundial de Meio Ambiente a ser realizada em 1992.

Referências bibliográficas

1. BRANCO, Samuel Murgel, Ecosistêmica, uma Abordagem Integrada dos Problemas do Meio Ambiente. SP, Ed. Edgard Blucher Ltda., 1989, 141 págs.
2. CADERNOS FUNDAP. Planejamento e Gerenciamento Ambiental, in: MONOSOWISKI, Elisabeth. Políticas Ambientais e Desenvolvimento no Brasil, SP, ano 9, nº 16, págs. 15-24, 1989, 94 págs.
3. CADERNOS FUNDAP, Planejamento e Gerenciamento Ambiental, in: GRINOVER, Lúcio. O Planejamento Físico-Territorial e a Dimensão Ambiental, págs. 25-32, 1989, 94 págs.
4. COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL/SMA. Estudo de Impacto Ambiental-EIA, Relatório de Impacto Ambiental — RIMA — Manual de Orientação, SP, 1989, 48 págs.
5. MAGLIO, Ivan Carlos. Impactos Ambientais: Acertos e Desacertos, in Ambiental, nº, dezembro 1988, 7 págs.
6. Questões Verificadas na Aplicação do EIA/RIMA. A experiência da SMA — Secretaria do Meio Ambiente de S. Paulo. I Simpósio de Análise Ambiental, UNESP, SP, 1990
7. Desenvolvimento e Meio Ambiente — O papel da análise ambiental. I Simpósio Nacional de Análise Ambiental, UNESP, Rio Claro.
8. PEIRCE, David et alii. Blueprint for a Green Economy. Earthscan Publications Ltda. London, 1990.
9. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Política Ambiental do Meio Ambiente, SP, 1987, 19 págs.
10. WILHEIM, Jorge. Environment Impact Studies in Brazil, International Seminar in Development Countries, New Delhi, India, PNUD, 1988.

Utilidade dos indicadores de qualidade das águas

Sérgio Roberto¹
Rubens M. de Abreu²

RESUMO A qualidade das águas pode ser medida através de variáveis físicas, químicas e biológicas, com o objetivo de detectar condições que possam prejudicar o aproveitamento deste recurso natural para os seus múltiplos usos. Os índices numéricos buscam facilitar a interpretação de listas mais ou menos extensas de variáveis ou indicadores.

O artigo enfatiza a conveniência de integrar as informações biológicas, de modo a ampliar o ângulo de visão sobre os ambientes aquáticos. Cada índice tem um significado próprio e, por isso, sua interpretação não pode prescindir dos dados que lhe servem de base, na mesma medida que a constatação de um efeito não descarta a necessidade de se investigar a sua origem.

Palavras-chave — Indicadores biológicos, índices numéricos, qualidade da água, monitoramento.

ABSTRACT The water quality can be measured through physical, chemical and biological variables whose aim is to detect conditions that may impair the utilization of this natural resource. The numerical indices try to make easy the interpretation of lists more or less extensive of variables or indicators. This paper emphasizes the convenience of integrating the biological informations to spread the angle of vision about the aquatic environment. Each index has its own meaning and, because of this, the data that serve as its base must not be forgotten, as also as the verification of an effect do not take out the necessity of investigating its origin.

Key words — Biological indices, numerical indices, water quality, monitoring.

1 — Introdução

A qualidade das águas pode ser medida através de variáveis (ou parâmetros) físicos, químicos e biológicos que buscam, de modo geral, detectar condições mais ou menos restritivas ao uso desse recurso essencial da natureza, seja pelo homem ou pelos outros seres presentes na biosfera.

Não se cogita, portanto, de verificar que virtudes a água deve ter para ser bom alimento, bom insumo industrial, bom suporte para a aquicultura, assim por diante. Ninguém, por causa da sua pureza, se propõe a beber água destilada, enquanto a presença de flúor na água pode ser benéfica ou prejudicial, dependendo da concentração desse elemento.



Para o analista ambiental, talvez, a única substância cuja presença na água é sempre positiva é o oxigênio dissolvido necessário à respiração de seres vivos aquáticos. Os resultados medidos para as diversas variáveis de qualidade são necessariamente comparados com valores limites recomendados para os múltiplos usos, em geral estabelecidos na forma de padrões nacionais ou internacionais. No Brasil, a Resolução CONAMA 20/86 fixa ao redor de 70 padrões para águas doces, salobras e salinas. Os padrões para água de abastecimento (potável) foram reestudados pelo Ministério da Saúde e estão fixados na Portaria 36/GM/90.

Mas, tirante a aplicação rotineira de alguns padrões bacteriológicos, muitas informações hidrobiológicas deixam de ser coletadas e utilizadas de forma sistemática pelos técnicos multidisciplinares envolvidos no controle ambiental, apesar da sua utilidade.

As considerações deste artigo pretendem motivar me-

1. Biólogo da Cetesb

2. Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Ambiental da Cetesb

Tabela-1 Características Gerais de Saprobiidade e Comparações dos Índices de Qualidade das Águas

Condições (Zonas)	Estrutura	Características do Ambiente	Faixas do Índice de Saprobiidade	Faixas do Índice Biótico	Faixas do Índice de Diversidade	Faixas do Índice de Comparação Sequencial	Faixas do Índice de Qualidade das Águas IQ A (Cetesb)
Xenosapróbica (x)		Nascentes e riachos com águas limpas	0,00—0,50	8	3	12	100 — 80
Oligo-Sapróbica (0)		Riachos, córregos e lagos limpos, baixa produtividade para piscicultura	0,51—1,50				(ótima)
Beta-Mesosapróbica (B)		Rios, lagos e lagoas com qualidade razoável, boa produtividade para piscicultura	1,51—250				80 — 52 (Boa)
Alfa-Mesosapróbica (x)		Águas visivelmente poluídas, inadequadas para recreação	2,51—350	8 — 6	3 — 1	12 — 8	52 — 39 (Aceitável)
Polisapróbica (P)		Águas bem poluídas com condições microaeróbicas	3,51—4,50				37 — 20 (Imprópria)
Isosapróbica (i)		Águas em condições anóxicas	4,51—5,50				
Metasapróbica (m)		Águas com condições sépticas com formação H ₂ S	5,51—6,50	6 — 4	4 — 2	1	
Hipersapróbica (h)		Águas em condição de fermentação com produção de metano	6,51—7,50				
Ultrasapróbica (u)		Despejos industriais, sem vida vegetativa, mas com sobrevivência de esporos, cistos e organismos em estágio de dormência	7,51—8,50				20—0 (Péssima)

Observações B = Bactéria, Z = Zooplâncton e outros consumidores, P = Fitoplâncton e outros produtores, C = Ciliados, F = Flagelados sem cor, M = Algas e Flagelados (Mixotróficos), A = Abiótico

FONTES: (8, 12, 13, 15, 17) Decompositores Consumidores Produtores

ces de qualidade das águas.

2 — Os Indicadores Biológicos

Usualmente, na avaliação da qualidade das águas através de análises biológicas, são empregados métodos baseados em princípios fisiológicos ou ecológicos, que foram desenvolvidos, adaptados e aperfeiçoados nas últimas décadas. (1)

Os métodos ecológicos partem do levantamento das comunidades presentes numa determinada estação do corpo d'água e, levando em conta a sua composição, inferem as condições ambientais prevalentes, através da conveniente interpretação.

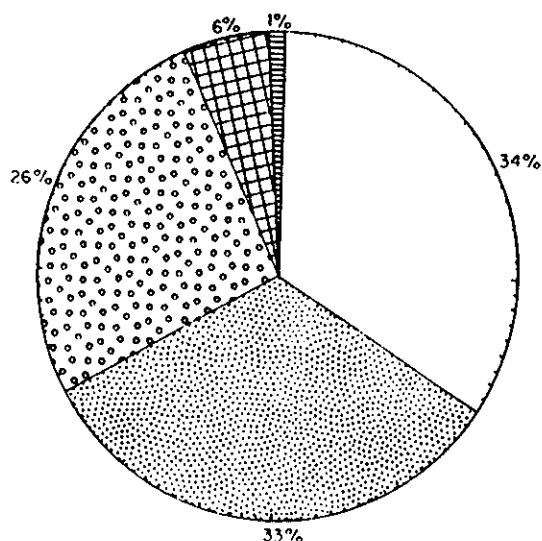
O primeiro estudo, visando relacionar o meio aquático com organismos que nele habitam, foi realizado no século XIX por Kolkwitz e Marsson, que desenvolveram uma metodologia fundamentada em um levantamento taxonômico, contendo um grande número de organismos aquáticos,

são denominadas alfa e beta mesosapróbica e oligosapróbica.

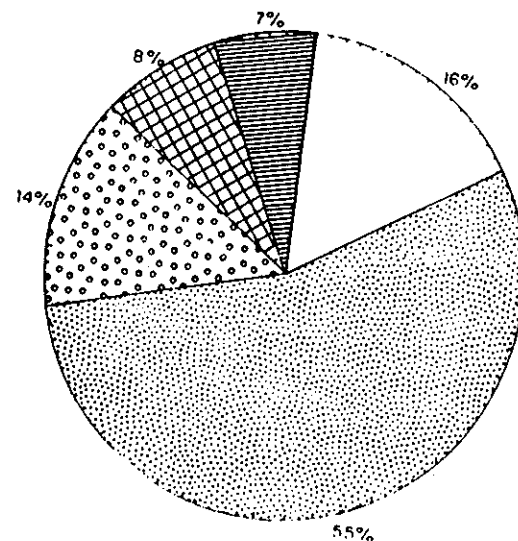
Amplamente utilizado pelos especialistas de países europeus, mas com restrita aceitação pelos limnologistas ingleses, americanos, japoneses e russos, este sistema vem sendo modernizado a partir da incorporação de pontos de vista da ecologia moderna (2).

Muitos autores como Liebmann Sládecek e Fjerdingsstad, entre outros, têm revisado e completado o sistema sapróbico, modificando a nomenclatura, a delimitação das zonas e mesmo a forma de interpretação, mantendo, porém, a idéia inicial de se empregar os organismos como indicadores de qualidade ambiental. (1,2,3,4)

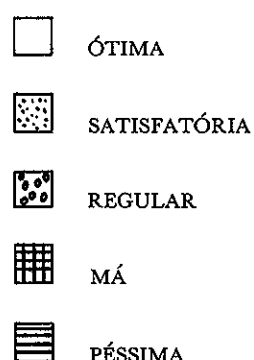
Uma das alterações foi introduzida por Fjerdingsstad (1964, 1965, in Margalef, 1969), que reúne os organismos em três grupos, de acordo com a tolerância das espécies: os saprobiontes, exclusivos de águas muito poluídas; os saprófilos, geralmente presentes em águas poluídas, porém, mais ou menos indiferentes e encontrados também em outros ambientes; e os saproxenos, ausentes em meios poluídos. (2)



FRANÇA - 1976
(509 ESTAÇÕES)
BASE: ÍNDICE BIÓTICO



SÃO PAULO 1978
(74 ESTAÇÕES)
BASE: IQA - CETESB



Assim, pode-se dizer que as variáveis biológicas correspondem aos organismos indicadores da qualidade das águas, sejam eles componentes do plâncton (fito e zoo), do necton, do bentos e, mesmo, das bactérias.

A *tabela 1* mostra as características gerais de saprobidade dos sistemas aquáticos, segundo a forma apresentada por Sládecek (12):

A aplicação de métodos fisiológicos, em geral, consiste na exposição de uma população de organismos a uma amostra de água ou a várias diluições desta. Como resultado, a qualidade da água pode ser caracterizada em função da intensidade do efeito adverso produzido na sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos. Exemplos desses métodos são os testes de toxicidade com microcrustáceos, peixes e algas. Como respostas desses testes podem-se considerar tanto a biodisponibilidade dos poluentes como também o efeito tóxico resultante de interações de vários agentes químicos presentes em um determinado ambiente.

Deve ser salientada, também, a importância dos métodos de avaliação indireta, que tomam por base o fato de que alguns organismos possuem a capacidade de armazenar (bioacumular) diversos poluentes, muitas vezes presentes na água ou sedimentos em baixas concentrações. Através de análises químicas de tecidos desses organismos pode-se, então, detectar a presença e a concentração dessas substâncias eventualmente nocivas a diversos organismos do ecossistema. (5,6)

Aliás, pode-se lançar mão de análises químicas, também, na avaliação indireta da biomassa vegetal e da pro-

ductividade primária de um sistema aquático, através da determinação de clorofila-a, feofitina-a, fosfatos, nitratos e outros. (7)

Ainda na *Tabela 1*, são apresentadas, numa comparação aproximada, as faixas de variação dos quatro índices biológicos e o respectivo grau de poluição com base no nível de saprobidade. Acrescentou-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA), adaptado pela CETESB a partir de trabalhos de Deininger & Landwer, que é uma nota de 0 a 100, obtida por média ponderada de nove parâmetros de qualidade de água, ou seja: temperatura, pH, OD, DBO₅, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. (15)

Neste ponto, é preciso enfatizar que os diversos índices não refletem exatamente as mesmas condições do ambiente e, portanto, cada qual possui um significado próprio em função das variáveis que lhe dão suporte e do ambiente específico (rio, lago, corpo d'água, sedimento).

Por outro lado, não se deve querer mais do que o índice pode fornecer. Na *Tabela 1*, a comparação prende-se ao traço comum entre eles, relativo ao grau de poluição que cada faixa representa.

Certamente as análises biológicas obtidas nas águas costeiras dos países andinos, com o objetivo de prever a ocorrência do fenômeno "El Niño", levam a um tratamento específico, com indicadores e, eventualmente, índices capazes de denunciar as alterações ambientais envolvidas. (9)

Cumprir observar que a Bélgica, a França e outros países da Europa utilizam na sua rede de monitoramento, além

das variáveis físico-químicas, os indicadores biológicos que lhes permitem apresentar, também, os índices biológicos da maioria de suas estações de amostragem. (10,12,13,16)

Como ilustração e um bom exercício de interpretação, a *Figura 1* mostra a distribuição global em %, dos níveis de qualidade das águas da França, em 1976, e de São Paulo; em 1978, tomando por base o Índice Biótico e o IQA (CETESB), respectivamente. (11)

3 — Os Índices de Qualidade das Águas

Claro está que a interpretação de um laudo de análise de comunidade planctônica, onde normalmente são listadas as espécies encontradas na amostra e a densidade dos organismos presentes no ambiente, exige conhecimento e experiência no trato com essas populações em suas interações com o seu biótopo.

Isso acontece, em certa medida, também com as variáveis físico-químicas, apesar da ajuda dos padrões de qualidade de água.

Na verdade, a dificuldade de interpretação de listagens taxonômicas, discriminando os nomes científicos de grupos, gêneros e espécies, pode ser contornada pela aplicação e devida explicação de índices numéricos. Destacam-se os Índices de Saprobiidade com base em comunidades fito e zooplancônica, o Índice de Diversidade, o Índice Biótico mais adequado às comunidades de caráter sedentário (bentos e perifiton). (6,8)

Cabe ressaltar que os diversos índices biológicos mencionados são, na verdade, variações do Índice de Diversidade. Este exige mais trabalho uma vez que requer identificação a nível de espécie, geralmente mais complexa, impossibilitando respostas de curto prazo, o que levou à criação de métodos alternativos mais expeditos.

As definições numéricas desses índices são:

Índice de Diversidade (d):

$$d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (n_i/n) \log_2 (n_i/n)$$

onde: n_i = número de organismos por categoria taxonômica

n = número total de organismos

Índice de Saprobiidade (S)

$$S = \frac{s.h}{h}$$

onde s : grau de saprobiidade da espécie obtida em tabela do método

h : frequência com que cada espécie ocorre (n° de organismos)

Índice de Comparação Sequencial (ICS)

Este método é baseado na sequência em que se identificam, numa amostra, organismos semelhantes, com retiradas aleatórias (contagem) de até 50 indivíduos, calculando-se:

— para cada contagem

$$DI_1 = \frac{n^\circ \text{ de séries de organismos semelhantes retirados}}{\text{total de organismos}}$$

— para pelo menos duas contagens

$$DI_1 = \frac{\text{soma das } DI_1}{n^\circ \text{ de contagens}}$$

— O ICS será

$$ICS = DI_1 \times n^\circ \text{ de tipos de organismos (17)}$$

Índice Biótico (IB)

Este método leva em conta a identificação de até sete grupos faunísticos e o total de unidades sistemáticas (US) presente; numa tabela padronizada, reconhecido o grupo faunístico mais sensível, chega-se ao IB em função do número de US's presentes. (8)

4 — A Questão da Toxicidade

A avaliação da qualidade das águas deve ser planejada com objetivos bem determinados, que exigirão o emprego de metodologias e modos de operação os mais adequados. A OMS — Organização Mundial de Saúde — propõe três modos de operação: o *Monitoramento* (Monitoring) destinado basicamente à avaliação de resultados do controle da poluição e tendências, a *Vigilância* (Surveillance) que visa detectar variações de qualidade instantâneas e, finalmente, a *Investigação* (Survey) para estudos e pesquisas.

Assim, a vigilância exige obviamente grande rapidez de respostas, razão pela qual são normalmente utilizados biomonitores. Por este motivo, também, foram desenvolvidos instrumentos para medição automática e praticamente contínua de alguns parâmetros físico-químicos. Há quinze anos media-se apenas cinco parâmetros, hoje, algo mais.

Mas, quando existe incerteza quanto à causa da contaminação eventual, nada melhor do que utilizar o indicador biológico. A tecnologia neste campo tem avançado e já existem equipamentos capazes de detectar eventual anomalia em peixes e acionar um sistema de alarme.

A detecção de toxicidade em corpos d'água e despejos industriais ou urbanos tem merecido a atenção dos analistas ambientais e alguns métodos já foram adaptados e padronizados pela CETESB, especialmente os que usam bactérias e microcrustáceos em testes de toxicidade (aguda ou crônica) e, mesmo, de efeitos genotóxicos.

Normalmente, o parâmetro medido é a concentração efetiva, isto é, o nível de diluição, seja de uma substância (mg/l), seja de uma amostra d'água (% da amostra diluída com água pura), que produz um efeito adverso em determinada população, identificável em 50% dos organismos em certo tempo de exposição (24,48 ou 96 horas), segundo o método designado, por exemplo, por CE(I) 50,24 horas para *Daphnia similis*, onde (I) significa efeito adverso de imobilização e o resultado reflete toxicidade aguda. Tem-se ainda o CL 50 (concentração letal) e o NOEL (concentração que não afeta os organismos frente a uma exposição contínua) (14). Para bactérias, há diferenças quanto ao tempo de exposição-padrão (15, 30 ou mais minutos) e à verificação dos efeitos que podem ser perda de 50% da luz emitida (sistema Microtox-EC₅₀) ou perda de motilidade em 90% das bactérias (*S. volutans*-MEC₉₀), havendo uma compatibilidade de resultados.

Para uso em cálculos relativos a lançamentos poluídores, será melhor utilizar a unidade tóxica UT definida como o inverso da CE 50, CL 50, NOEL, EC₅₀ ou MEC₉₀.

$$\text{Assim: } UT = \frac{100}{CE\ 50} = \frac{V_a + V_p}{V_a} = \left(1 + \frac{V_p}{V_a}\right)$$

Onde: V_p = volume de água pura de diluição
 V_a = volume da amostra em teste

Caso não seja necessária diluição ($CE\ 50 = 100\%$), $V_p = 0$ e a toxicidade do efluente será $t = 1$ UT. Por sua vez, se $CE\ 50 = 50\%$, então $V_p = V_a$ e a toxicidade será $t = 2$ UT. Portanto, não há que se falar em $t = 1$ UT para toxicidade medida em teste.

Entretanto, em razão da diferença entre os testes de toxicidade aguda e crônica e diferentes sensibilidades de organismos, um dos critérios (EPA — USA) preconizados para cálculo de lançamentos poluidores consiste em efetuar testes com três organismos diferentes e adotar o CE 50 menor (organismo mais sensível). Além disso, a toxicidade calculada resultante da diluição do efluente no corpo receptor deve ser $t_r = 1$ UT (crônica) ou $t_r = 0,3$ UT (aguda). (14)

Assim, por exemplo, para uma diluição de efluente em rio dada por:

$$d = \frac{Q_e}{Q_{r,10} + Q_e} = \frac{0,3}{5 + 0,3} = 0,057$$

onde: Q_e = vazão do efluente = $0,3\text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{r,10}$ = vazão crítica do rio = $5\text{ m}^3/\text{m}$

a toxicidade permissível do efluente para toxicidade crônica seria:

$$t_e = \frac{1\text{ UT}}{0,057} = 18\text{ UT's}$$

Isto é, seria permitida no efluente uma toxicidade crônica de 18 UT's ou um CE 50 = 5,5%. Para toxicidade aguda, a CE 50 do efluente deveria ser 18,9%.

5 — Considerações finais

O diagnóstico da qualidade de um corpo d'água pode ser realizado com vários níveis de precisão, os quais devem adequar-se aos objetivos do trabalho, observando-se que o conhecimento mais completo requer a avaliação de variáveis físico-químicas, biológicas e toxicológicas, de uma forma integrada.

Além disso, as análises biológicas, quando aplicadas no diagnóstico da qualidade ambiental, têm nos índices numéricos de qualidade das águas uma função importante na interpretação. No entanto, o fato de cada índice ter seu significado próprio torna conveniente não descartar as variáveis ou indicadores que lhe servem de base.

No tocante aos testes de toxicidade, dispõe-se de um bom instrumental, que poderá ser utilizado em conjunto com outras informações, fornecendo subsídios ao sistema de controle ambiental. Cumpre lembrar que os dados disponíveis neste campo ainda são escassos, razão pela qual a integração e a troca de experiências serão de enorme valia.

Assim, os programas de controle de qualidade ambiental e de controle de efluentes devem contemplar, também, a avaliação de indicadores biológicos, particularmente os testes de toxicidade. O volume de dados levantados e divulgados permitirá aumentar o nível de conhecimento da tecnologia disponível e ampliar o ângulo de visão sobre os ambientes aquáticos.

Referências bibliográficas

- 1 — BRANCO, S.M. *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária* 3ª ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986, 640 p.

- 2 — MARGALEF, R. *El concepto de polución en limnología y sus indicadores biológicos*. In: *Síposium sobre la polución de las aguas*, Alicante, novembro, 1986, Ponencia nº 7. *Separata de Documentos de Investigación Hidrológica*, Suplemento científico de la revista "Água", Barcelona, 1969, nº 7, p. 105-133.
- 3 — PALMER, C.M. *Algal as biological indicators of pollution* Trans. Seminar Water Pollut. Problems, 1957, p. 60-69.
- 4 — ODUM, E.P. *Ecología*, México, Nueva Editorial Interamericana, 1972, 3ª ed. 639 p.
- 5 — STORER, T.I. et alii. *Zoologia Geral*, São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1984, 816 p.
- 6 — WARREN, C. E. *Biological Indices*. In: *Biology and Water Pollution Control*, 1971, 434 p. (cap. 20, p. 322-348)
- 7 — CETESB, São Paulo, *Normalização Técnica — Saneamento Ambiental: determinações biológicas*. São Paulo, 1978 (Norma Técnica 06).
- 8 — JOHNSCHER-FORNASARO, G.; PALOMBO, S.R.K.; NAVAS-PEREIRA, D; & MARTINS, M.T. *Aplicação de índices biológicos numéricos para avaliação da qualidade ambiental* — p. 407-435. In: *Seminário Regional de Ecologia* (Anais), UFSCAR, 1981, 436 p.
- 9 — URIBE, E. *Indicadores Biológicos en el fitoplácton marino*. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 21 (1): 151, abr. 1985.
- 10 — BELGIE, Institut D'Hygiene et D'Epidemiologie. *Carte de la qualité biologique des cours d'eau en Belgique*. Bruxelles, 1979. 61 p.
- 11 — ABREU, R. M.; GUAZZELLI, M.R. *A Comparative Study of Inland Water Quality* — São Paulo (Brazil), France and England. IAWPRC — WAT. SCI. Tech. vol. 19, nº 09, 1987. p. 125-132.
- 12 — SLÁDECEK, V. *Stanovení Saprobniho*. Indexu MLVH — Praha. 1976, 132 p.
- 13 — SLÁDECEK, V. *Continental systems for the assessment of river water quality*. In: *International Symposium of Biological Indicators of Water Quality*. New Castle Upon Tyne, Sept. 1978 — 1979. 31 pp.
- 14 — CEPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Ambiente, Argentina. *Manual de Evaluación Y Manejo de Substancias Tóxicas en Aguas Superficiales*, OMS, Sección 3, 1988, 3.1 — 3.A.I.4.
- 15 — CETESB, São Paulo, *Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo*. Relatório anual, São Paulo, 1986, 134 p.
- 16 — PALMER, C.M. *Algae and Water Pollution — An illustrated Manual on the Identification, Significance, and Control of Algae in: Water Supplies and in Polluted Water* — EPA Cincinnati, Ohio, 1977 — 81 p.
- 17 — ROBERTO, S. *Sistemas Ecológicos de Classificação das Águas*. Curso de Engenharia de Controle de Poluição, Universidade de Santa Cecília, Santos, 1986, 32 p.



Sistemas especialistas e o manejo ambiental

Vânia R. Pivello*

RESUMO Sistemas especialistas podem ser utilizados com sucesso no manejo ambiental, fornecendo aconselhamento especializado nos processos de tomada de decisão. Constituem ainda um bom método para a organização e difusão do conhecimento, bem como para a estruturação e análise de problemas.

O que são sistemas especialistas, como funcionam, suas principais vantagens e desvantagens ao manejo ambiental são discutidos ao longo do artigo.

Palavras-chave: Sistema especialista, manejo ambiental, manejo de recursos naturais, inteligência artificial.

ABSTRACT Expert systems can be successfully used for environmental management tasks, giving expert advice in decision-making. They also are useful for organizing and transmitting knowledge, as well as problem structuring and analysis.

What expert systems are, how they work, their main advantages and disadvantages in environmental management are discussed in this article.

Key words: expert system, environmental management, natural resources management, artificial intelligence.

QUE SÃO SISTEMAS ESPECIALISTAS?

Sistemas especialistas são programas de computador criados para auxiliar na solução de problemas específicos, através de um processo semelhante àquele que um profissional especializado no assunto utilizaria quando na função de consultor. Tais programas são organizados de forma a serem capazes de manter uma “conversa” aparentemente inteligente com o usuário, apresentando-lhe perguntas, explicações e conclusões. Os sistemas especialistas são produtos da Inteligência Artificial, ou seja, o ramo da Informática responsável pela criação de programas que envolvem uma *base de conhecimento* e que, acoplados a computadores, tornam-nos capazes de imitar atitudes humanas que envolvem raciocínio.



Histórico

Após a II Guerra Mundial, o antigo desejo de se criar inteligência fora do corpo humano começou a passar do plano utópico para o real, com a criação das primeiras “máquinas pensantes”. Além de cálculos matemáticos, elas eram capazes de realizar tarefas que envolviam a utilização de símbolos não-numéricos (Nilsson, 1971; McCorduck, 1979).

A mais famosa destas criações foi provavelmente o GPS (General Problem Solver), um programa idealizado para solucionar uma vasta gama de problemas matemáticos, provar teoremas e resolver jogos de quebra-cabeça. A solução das questões era alcançada através da redução do problema a subproblemas e do processo de tentativa-e-erro (Ernst & Newell, 1969; Parsaye & Chignell, 1988).

* Bioóloga, Mestre em Ecologia, atualmente desenvolvendo doutorado no Departamento de Tecnologia Ambiental do Imperial College, Universidade de Londres.

Embora eficientes em tarefas relativamente simples, programas generalistas como o GPS mostraram ser lentos em situações mais complicadas e, muitas vezes, incapazes de chegar à solução, justamente por trabalharem num universo muito amplo.

Os esforços seguintes foram então dirigidos no sentido de se restringir o campo de ação, considerando-se assuntos complexos, porém bem delimitados.

Problemas de classificação (nos quais a solução é uma dentre várias hipóteses listadas) constituíram um campo perfeito a ser explorado nesse sentido.

Assim, no fim da década de 70, foram lançados os primeiros sistemas *especialistas* desta vez centrados na dependência de um assunto específico.

DENDRAL (descrito por Buchanan & Feigenbaum, 1978) foi o pioneiro, atuando na identificação de estruturas moleculares de determinadas substâncias químicas. Seguiram-se-lhe vários outros, principalmente na área de diagnose e aconselhamento médicos.

Os bons resultados alcançados por estes programas encorajaram, nos anos 80, a expansão dos sistemas especialistas aos mais variados campos de atuação, citando-se como alguns exemplos relacionados às ciências ambientais: fotointerpretação (McKeown & McDermott, 1983), análise de impactos ambientais (Chase, 1989), manejo agrícola (Roarch et al., 1985; Munford & Norton, 1988) e manejo dos recursos naturais, tema que será detalhado neste artigo.

No Brasil, os sistemas especialistas ainda são pouco conhecidos, sendo que as primeiras experiências nas áreas de ciências biológicas começaram a ser desenvolvidas nos últimos dois ou três anos, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), para aplicações em agricultura.

No que diferem os sistemas especialistas dos programas convencionais?

Os programas convencionais manejam com facilidade dados *quantitativos*, utilizando instruções detalhadas passo a passo, denominadas algoritmos.

A principal diferença entre os programas convencionais e os sistemas especialistas é a capacidade destes últimos de trabalharem com conhecimento *qualitativo*, isto é, informação cujas relações entre os fatos não são diretas e exatas e, por isso, sua representação numérica é muito difícil ou impossível. Neste caso, a informação pode ser representada por meio de outros símbolos, como palavras e frases, e geralmente sob a forma de *leis*.

Em muitos casos, o conhecimento qualitativo é fundamental na avaliação do problema e na escolha da solução. A chamada *experiência* que possuem os profissionais especialistas ("experts") nos assuntos de seus domínios é, em grande parte, constituída por conhecimento que provém de experiências passadas e da vivência no assunto, onde os conceitos são um tanto empíricos, não quantificáveis, difíceis de serem explicados racionalmente. Muitas vezes, porém, este tipo de informação é a única disponível. É, portanto, nessas situações que reside a grande vantagem dos sistemas especialistas, tornando possível a captação do conhecimento qualitativo em programas de computador para auxiliar nos processos de tomada de decisão.

Por outro lado, a obtenção e organização das informações para a elaboração do sistema especialista constitui ta-

refa difícil e demorada, principalmente em virtude de existir um grande componente de subjetividade envolvida no conhecimento qualitativo (veja Waldrop, 1984 e Hart, 1986).

Portanto, em ocasiões onde dados quantitativos são disponíveis e suficientes, programas convencionais são geralmente preferíveis, por serem mais objetivos, de construção mais simples, além de se desempenharem com maior velocidade.

Um bom sumário ilustrando as situações mais adequadas para o uso de sistemas especialistas foi apresentado por Noble (1987):

Tabela 1 — Comparação entre situações adequadas para o uso de sistemas especialistas e programas convencionais.

Apropriado	Inapropriado
diagnose	cálculo
teoria não estabelecida	fórmulas estabelecidas
dados vagos	dados precisos
assunto bem delimitado	assunto não delimitado
pouca disponibilidade de especialistas no assunto	conhecimento bem difundido

Estrutura e Funcionamento

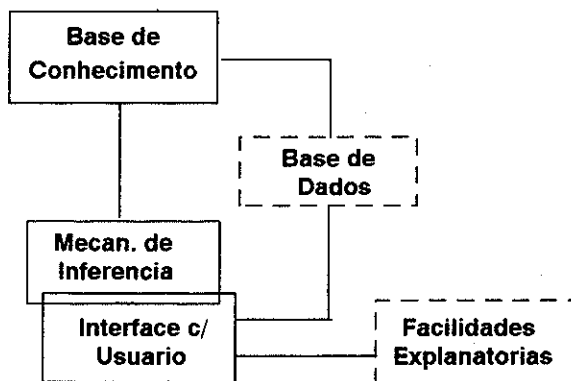
Os sistemas especialistas são, em geral, compostos por três compartimentos principais: a base de conhecimento, o mecanismo de inferência e a interface com o usuário (figura 1).

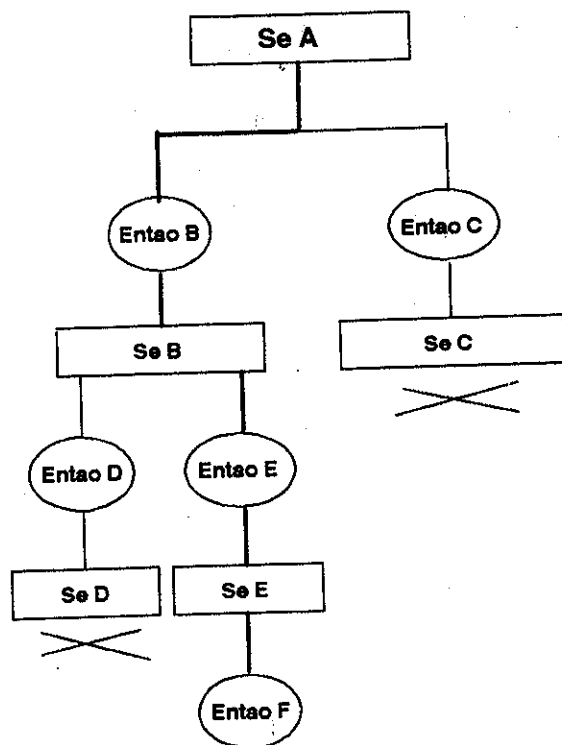
A *base de conhecimento* é o "cérebro" do programa. Nela fica armazenado todo o conhecimento necessário para a solução do problema proposto, em geral sob a forma de leis, mas, também, sob a forma de gráficos, tabelas, quadros, matrizes.

As leis são do tipo "se — então", pois envolvem uma ou mais premissas (condições) resultando em uma ou mais consequências (conclusões). Ex.: SE há uma premissa. ENTÃO há uma consequência.

O número de leis pode variar de algumas dezenas (no caso de um pequeno protótipo) a alguns milhares (em programas comercializados).

O programa é estruturado tomando-se por base o princípio das árvores de decisão, isto é, existe uma estrutura hierárquica entre as leis que dirige a busca da solução





(figura 2). Esta, por sua vez, pode ocorrer de duas formas: ou partindo da pergunta inicial e seguindo por todos os ramos da árvore até encontrar a conclusão adequada (caminho direto), ou partindo da conclusão disponível até chegar na condição que a gerou (caminho inverso) (veja Hayes-Roth et al., 1983 ou Parsaye & Chignell, 1988).

Sistemas especialistas que exigem um grande número de dados factuais (e não conhecimento) como, por exemplo, dados meteorológicos, podem ter uma base de dados acoplada à base de conhecimento (fig. 1).

O mecanismo de inferência é a componente do sistema que armazena todos os comandos que dirigem a "conversação" com o usuário, estabelecendo conexões entre perguntas e respostas, a ordem correta das mensagens, etc. São leis que fazem com que o programa funcione adequadamente, não tendo relação alguma com o conhecimento propriamente dito.

A interface com o usuário, como o próprio nome diz, comanda toda a apresentação do programa ao usuário. Nela se encontram as informações visuais do sistema, como a disposição do texto na tela, cores, formato, linguagem etc.

A qualidade do sistema especialista pode ser ampliada ao se acoplar uma parte acessória que forneça explicações sobre o texto e justificativas de como as conclusões foram alcançadas, aqui denominada "facilidades explanatórias" (fig. 1).

Linguagens e "Shells"

Assim como acontece para qualquer programa, na construção de um sistema especialista também existe a necessidade de se codificar o conhecimento sob a forma de

símbolos. Neste caso, é possível utilizar-se de linguagens tradicionais como FORTRAN, PASCAL, por exemplo, ou das chamadas linguagens naturais, que recebem este nome por se aproximarem muito de nossa linguagem escrita. Diferentemente das linguagens tradicionais, as naturais não exigem instruções detalhadas "passo-a-passo" (algoritmos), pois são capazes de encontrar relações indiretas entre os dados. Por esta razão, são mais adequadas para a representação do conhecimento qualitativo. Dentre elas, a mais utilizada atualmente é o PROLOG.

Outra opção para a construção de sistemas especialistas é a utilização de "shells". Elas constituem um sistema semipronto, com o mecanismo de inferência, a interface com o usuário e, geralmente, facilidades explanatórias, faltando apenas a base de conhecimento, que deve ser implantada de acordo com a finalidade do programa a ser produzido. Este artifício facilita muito a construção de sistemas especialistas pois, além de poupar tempo, permite à pessoa sem prática em programação de computadores construir seu próprio programa. A desvantagem, por outro lado, é que se fica limitado a estrutura ditada pela shell.

Construção

Muitos autores acreditam que a condição ideal para a construção do sistema especialista deve reunir dois tipos de profissionais: um ou mais "experts" no assunto e um programador experiente que, ao mesmo tempo, consiga captar o conhecimento do(s) "expert(s)" e criar o tipo de programa mais adequado à situação. Em geral, não recomendam que o "expert" construa seu próprio sistema, pois afirmam que, quanto mais experiente uma pessoa se torna em determinado assunto, maior é sua dificuldade em explicar o conhecimento que utiliza para chegar às decisões (Hayes-Roth et al., 1983; Waterman, 1986).

Por outro lado, a transmissão do conhecimento a uma pessoa que não tenha formação específica na área de estudo (no caso, o programador) incorre em outros pontos igualmente desfavoráveis: gasta-se um tempo imenso na aquisição do conhecimento e o risco do programador adquirir conceitos errados é grande. Juntando-se a estes fatores o crescente lançamento de "shells" mais flexíveis no mercado, tem-se notado que a tendência caminha no sentido de, cada vez mais, os próprios pesquisadores construir seus sistemas especialistas.

O Uso de Sistemas Especialistas no Manejo dos Recursos Naturais

O manejo dos recursos naturais implica a manipulação de ambientes naturais ou seminaturais para o alcance de objetivos específicos, tais como conservação dos ecossistemas, preservação de espécies ou uso racional dos recursos. Assim, da mesma forma que determinadas técnicas de cultivo, adubação ou combate a pragas são necessárias numa cultura para dela se obter o melhor rendimento e o maior lucro, práticas de manejo igualmente bem definidas, devem ser aplicadas na obtenção de metas conservacionistas préestabelecidas. Em outras palavras: *conservação também implica manejo*.

O sucesso do manejo é diretamente dependente do nível de conhecimento dos componentes do ambiente, e

Tabela 2 — Exemplos de sistemas especialistas para o manejo de recursos naturais

Nome	Assunto	Instituição/País	Autor/(Referência)
ADAPT	Plan. Uso Solo	CSIRO — Australia	Davis & Grant (Davis & Grant, 1987)
ASPENEX	Silvicultura	USDA Forest Service — EUA	Morse & White (Rauscher, 1987)
BEHAVE	Silvicultura	USDA Forest Service — EUA	Burgan et al. (Burgan & Rothermel, 1984)
BIPS	Silvicultura	Texas A&M University — EUA	Loh & Saarenmaa (Rauscher, 1987)
BRUSH & GUILD	Fauna	USDA Forest Service — EUA	Marcot, B.G. (Rauscher, 1987)
CROWNFIR	Ecoss. Naturais	USDA Forest Service — EUA	Latham, D. (Rauscher, 1987)
FIRES	Ecoss. Naturais	CSIRO — Australia	Davis, Hoare & Nanninga (Davis et al, 1986)
FIRESYS	Ecoss. Naturais/Fauna	USDA Forest Service — EUA	Fischer & Wright (Fischer & Wright, 1987)
FOREST/DEER INTERACTIONS	Fauna	Texas A&M University — EUA	Folse, Packard & Grant (Rauscher, 1987)
GATTON	Plan. Uso Solo	CSIRO — Australia	Davis, J.R. (Lambert & Wood, 1989)
GROUSE ADVISOR	Fauna	USDA Forest Service — EUA	Buech & Rauscher (Rauscher, 1987)
INSEX	Silvicultura	Texas A&M University — EUA	Coulson, R. (Rauscher, 1987)
MOOSE	Fauna	Finnish Forestry Research Institute — Finlândia	Saarenmaa, H. (Rauscher, 1987)
NIDAHO	Silvicultura	USDA Forest Service — EUA	Chew & Rauscher (Rauscher, 1987)
PREDICT	Silvicultura	USDA Forest Service — EUA	Schmoldt, D. (Rauscher, 1987)
REDPINE ADVISOR	Silvicultura	USDA Forest Service — EUA	Rauscher & Benzie (Rauscher, 1987)
RIPARIAN	Ecoss. Naturais	University of Nevada — EUA	Lambert, D. (Lambert & Wood, 1989)
SHRUBKILL	Ecoss. Naturais	CSIRO — Australia	Ludwig et al. (Ludwig, 1988)
WHITETAIL ADVISOR	Fauna	USDA Forest Service — EUA	Buech & Rauscher (Rauscher, 1987)
WOODPECKER	Fauna	Texas A&M University — EUA	Coulson, R. (Lambert & Wood, 1989)

principalmente das inter-relações que governam seu funcionamento como um todo.

Um grande avanço na compreensão destas inter-relações foi alcançado com a aplicação de modelos matemáticos à Ecologia. Através dos modelos, as mais variadas situações puderam ser imaginadas, simuladas e seus efeitos previstos, levando ao melhor entendimento da dinâmica dos ecossistemas.

Porém, como afirmam Starfield & Bleloch (1986), modelos são essencialmente quantitativos e, mesmo aqueles mais generalistas, requerem dados numéricos ao serem aplicados em casos específicos. Na maior parte dos estudos ambientais, a falta de dados numéricos revela-se como o fator limitante na construção de modelos funcionais. Isto se deve não apenas à grande dificuldade prática em se medir os processos biológicos, como também porque há processos extremamente difíceis de serem traduzidos para uma

forma quantitativa, cujos mecanismos ainda não estão esclarecidos.

Em situações como estas, onde ao menos uma base de conhecimento qualitativo existe, a aplicação de sistemas especialistas tem se mostrado como uma boa alternativa ao armazenamento, organização e transmissão deste conhecimento.

Exemplos

A idéia do uso de sistemas especialistas para o manejo ambiental surgiu pela primeira vez em 1983, quando Starfield e Bleloch lançaram BURN (Starfield & Bleloch, 1983), um pequeno protótipo para demonstração, tendo como tema o manejo do fogo no Kruger National Park (África do Sul).

Desde então, diversos destes programas têm sido desenvolvidos para o manejo de recursos naturais, muitos deles já implantados e utilizados rotineiramente. No Canadá, por exemplo, foi recentemente criado um amplo esquema para manejo e controle de incêndios florestais, todo baseado em sistemas especialistas (Kourtz, 1987). Na Austrália, vários programas deste tipo são hoje utilizados para o manejo do Kakadu National Park (Davis et al., 1986).

Alguns exemplos de sistemas especialistas para o manejo de recursos naturais, que se encontram pelo menos em fase de desenvolvimento, estão listados na tabela 2, tendo sido agrupados de acordo com os seguintes temas: ecossistemas naturais, silvicultura, fauna e planejamento do uso e ocupação do solo. Sistemas especialistas para o manejo de fogo foram incluídos em "silvicultura" ou "ecossistemas naturais", dependendo de sua função.

Vantagens e Desvantagens

Diversos autores, dentre os quais Rauscher (1987), Scifres (1987) e Jeffers (1985), discutem a adequação dos sistemas especialistas como técnica para estruturação e análise de questões ligadas ao manejo ambiental. Lochle (1987) chama a atenção ainda para a possibilidade de seu uso como ferramenta para a construção de modelos ecológicos.

A maior vantagem do uso dos sistemas especialistas em manejo ambiental deve-se justamente a sua habilidade em lidar com o conhecimento qualitativo, como já discutido anteriormente, sendo também capazes de, até certo grau, manipular dados numéricos e modelos matemáticos.

Estes sistemas constituem também um bom instrumento para a difusão do conhecimento. No caso de atividades onde atuam dois ou mais grupos de profissionais, com níveis de conhecimento diferentes, como é o caso do manejo ambiental, o ideal é que haja uma integração perfeita entre o grupo de "produtores de conhecimento" (cientistas, pesquisadores) e os "aplicadores" do conhecimento gerado (administradores dos recursos naturais). Infelizmente, na prática, não é isso o que geralmente acontece. A comunicação entre pesquisadores e administradores é insuficiente; os veículos tradicionais de comunicação científica (jornais e revistas especializadas, livros técnicos etc) têm pouca penetração entre os administradores que, em geral, não estão familiarizados com sua linguagem; as oportunidades de contato direto com os pesquisadores são raras e o que geralmente ocorre é que a demanda por aconselhamento especializado é muito maior que a disponibilidade de "experts". Assim, sistemas especialistas podem facilitar enormemente o acesso à informação técnica e ao aconselhamento especializado, representando uma boa interface entre os administradores dos recursos naturais e os pesquisadores.

O sistema de "conversação" utilizado nesses programas permite o uso de uma linguagem acessível ao usuário e imprime uma natureza bastante interativa ao método. Pela facilidade de uso e transparência de sua base de conhecimento, esta técnica é ainda muito útil no caso de tarefas de rotina e treinamento de pessoal, poupando o tempo do profissional especializado.

Durante o processo de consultoria ao sistema especialista, o usuário muitas vezes depara-se com questões nas quais nunca havia pensado, mas cuja resposta é exigida

pelo programa. Este é outro ponto bastante favorável do método pois, tendo que fornecer a informação, a pessoa é forçada a refletir sobre aspectos do problema anteriormente não considerados. Esta questão é ainda mais acentuada para os construtores do sistema. Tanto o(s) "expert(s)" como o programador precisam ter uma atitude muito clara e objetiva diante do problema em questão, uma vez que têm de decidir e justificar as decisões durante todo o processo construtivo. Cada passo deve ser analisado e justificado.

No caso de conflitos de opiniões, essa técnica também é favorável no sentido de forçar o grupo a chegar em acordo.

Pela objetividade do método, Starfield & Bleloch (1983) afirmam que o processo de construção do sistema especialista, por si só, pode ser mais valioso que sua implementação e uso. Com razão, o esforço de criação de um sistema especialista é, em geral, tarefa extremamente compensadora, trazendo respostas objetivas a questões que, até o momento, permaneciam vagas, e identificando deficiências do conhecimento, que poderão ser tomadas como temas para pesquisas posteriores.

Uma vez construído o sistema especialista, sua base de conhecimento pode ser facilmente modificada, o que permite que seja constantemente atualizado.

Por outro lado, qualquer programa de computador, por melhor que seja, tem suas limitações, que devem ser reconhecidas pelo usuário. Numa área como o manejo ambiental, onde a natureza das variáveis que influem no problema e as relações de causa e efeito muitas vezes não são perfeitamente conhecidas, o uso de tais programas só se justifica quando o usuário (no caso, o administrador dos recursos) já tiver certa experiência no assunto e razoável conhecimento de sua área de manejo, de forma que seja capaz de ponderar as sugestões oferecidas pelo programa, julgá-las de acordo com a situação em que se encontra e aceitá-las ou não. Isto porque, apesar dos sistemas especialistas procurarem analisar o máximo de variáveis até chegarem à recomendação final, circunstâncias especiais (casos excepcionais) podem não ter sido consideradas durante sua construção e, neste caso, ao se ter em mãos uma situação incomum, as sugestões oferecidas podem não ser adequadas. Da mesma forma, sistemas especialistas não têm senso de limitação, isto é, são programados tendo como objetivo encontrar a resposta ao problema. Isto os torna sujeitos a uma "superdiagnose" (Hart, 1986), ou seja, podem fornecer a recomendação com dados insuficientes.

Tais sistemas são, por definição, restritos a um assunto limitado. À medida em que questões marginais ao conhecimento específico são levantadas, o desempenho do programa tende a cair rapidamente (Pauzcher, 1987). No caso do manejo ambiental, onde as questões são geralmente de âmbito multidisciplinar, isto pode representar uma limitação razoável. (Para solucionar este tipo de problema, está-se tentando a criação dos chamados *sistemas integrados*. São conjuntos de sistemas específicos a assuntos inter-relacionados, ligados através de sua parte em comum, formando um programa amplo (Coulson et al., 1987).

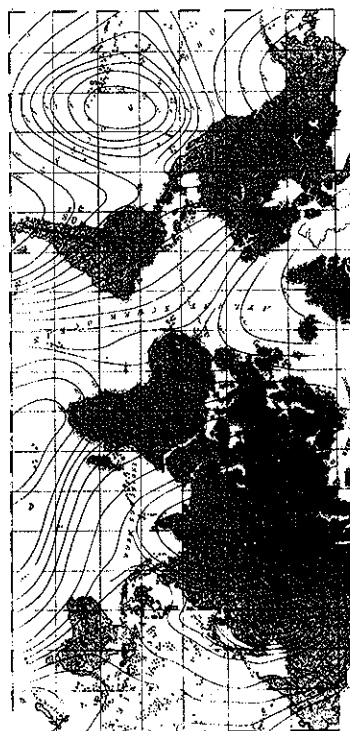
Em conclusão, sistemas especialistas jamais devem ser encarados como substitutos do profissional. Sua função é propiciar o acesso a informações importantes que, juntamente com o bom senso do profissional e seu conhecimento da região irão ajudá-lo nas tomadas de decisão.

Referências

- BUCHANAN, B. G. & FEIGENBAUN, E. A. Dendral and Meta-Dendral: their applications dimension. *Artificial Intelligence* 11: 5-24. 1978.
- BURGAN, R. E. & ROTHERMEL, R. C. BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system — fuel subsystem. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-167*. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Research Station. 1984.
- CASE, P. NEPA — NFMA Workbench. *alli Newsletter*. 1(1): 19-21. 1989.
- COULSON, R.N.; FOLSE, L.J. & LOH, D.K. Artificial intelligence and natural resource management *Science* 237: 262-267. 1987.
- DAVIS, J.R.: HOARE, J.R.L. & NANNINGA, P.M. Developing a fire management expert system for kakadu National Park. *J. environ Mgmt.*, 22: 215-227, 1986.
- DAVIS, J.R. & GRANT, I.W. ADAPT: a knowledge-based decision support system for producing zoning schemes. *Environment and Planning* 814: 53-66. 1987.
- DAVIS, J.R.: NANNINGA, P.M. & WILLIAMS, G.J. The design of an expert system for environmental management. In: *Readings in Australian Geography* — Proc. on the 21st. IAG Conference. Perth, 1987.
- ERNST, G.W. & NEWELL, A. GPS: A case study in generality and problem solving. London, Academic Press. 1969. 297 p.
- FISCHER, W.C. & WRIGHT, A.H. Firesys — using artificial intelligence techniques to build a fire effects information system. *The Compiler*, 5(5):28-35. 1987
- HART, A. *Knowledge Acquisition for Expert Systems*. London, Kogan Page, 1986. 180 p.
- HAYES-ROTH, F.; WATERMAN, D.A. & LENAT, D.B. *Building Expert Systems*. London. Addison-Wesley. 1983. 444p.
- JEFFERS, J.N.R. Ecological advice through expert systems In: *First International Expert Systems Conference*, London. October 1985. Oxford, Learned Information. 1985. pp 163-172.
- KOURTZ, P. Expert system dispatch of forest fire control resources. *AI Applications* (1):1-8. 1987.
- LAMBERT, D.K. & WOOD, T.K. Partial survey of expert support systems for agriculture and natural resource management. *AI Applications*. 3(2): 41-52. 1989
- LOEHLE, C. Applying artificial intelligence techniques to ecological modeling *Ecological Modelling*, 38:191-212. 1987.
- LUDWIG, J. *SHRUBKILL User's Guide* Australia. OSIRO Division of Wildlife and Ecology, 1988. 14 p.
- McCORDUCK, P. *Machines Who Think* San Francisco, W.H. Freeman, 1979. 375 p.
- McKEOWN, D.M. & McDERMOTT, J. Toward expert systems for photo interpretation. In *Frands & Applications Conference*. Maryland. May 1983. Proceedings. Los Angeles. IEEE Computer Society Press. 1983. op. 33-39.
- MICHIE, D. Current developments in expert systems. In: QUINLAN, J.R. (ed. *Applications of Expert Systems* England. Turing Institute/Addison-Wesley. 1987. pp. 137-156.
- MUMFORD, J.D. & NORTON, G.A. Expert systems in pest management: implementation on an international basis. *Entomology Working Papers*, 1(2): 21-28. 1988.
- NILSSON, N.J. *Problem — Solving Methods in Artificial Intelligence*. New York. Mc Graw-Hill. 1971. 255p.
- NOBLE, I.R. The role of expert systems in vegetation science. *Vegetation*, 69: 115-121. 1987.
- PARSAYE, K. & CHIGNELL, M. *Expert Systems for Experts*. New York, John Wiley & Sons. 1988. 462 p.
- RAUSCHEH, H.M. Expert systems for natural resources management. *The Compiler*, 5(5): 19-27. 1987.
- ROACH, J.; VIRKAR, R.S.; WEAVER, M. & DRAKE, C.R. Pomme: a computer-based consultation system for apple orchard management using Prolog. *Expert Systems*, 2(2): 56-69. 1985.
- SCIFRES, C.J. Decision-analysis approach to brush management planning: ramifications for integrated range resources management *J. Range Manage*, 40(6): 482-90, 1987.
- STARFIELD, A.M. & BLELOCH, A.L. Expert systems: an approach to problems in ecological management that are difficult to quantify. *J. environ. Mgmt.*, 16: 261-268. 1983.
- STARFIELD, A.M. & BLELOCH, A.L. *Building Models for Conservation and Wildlife Management*. New York, Macmillan, 1986. pp. 213-237.
- WALDROP, M.M. The necessity of knowledge. *Science*, 223(4642): 1279-1282. 1984.
- WATERMAN, D.A. *A Guide to Expert Systems*. Reading, Addison-Wesley. 1986. 419 p.

Agradecimentos

Agradeço ao Dr. Leopoldo M. Coutinho e Paulo E.C. de Toledo pela leitura do original e sugestões e aos colegas de Silwood Park pelo constante apoio e colaboração.



Estudo pedológico reduz impactos da mineração

Maurício Paulo Ferreira Fontes¹

RESUMO A mineração de superfície é, em geral, uma atividade que pode provocar uma degradação bastante intensa do meio ambiente. Ela tem um forte efeito perturbador na paisagem porque requer a remoção da vegetação, do solo e das rochas que estejam acima dos depósitos minerais. Assim, deve existir uma preocupação constante dos cientistas no sentido de fazer com que a mineração de superfície esteja sempre associada à recuperação da área minerada. Este trabalho apresenta um plano de atuação do *pedólogo* nos trabalhos de recuperação e revegetação das áreas degradadas pela mineração de superfície. O plano consiste em diferentes etapas que vão desde o planejamento e as análises de laboratório até os experimentos de campo. Esse programa de ação pode propiciar um tratamento inteiramente científico às ações de recuperação da área no sentido de se proteger o meio ambiente. Ele pode, ainda, estimular a adoção de técnicas que possibilitem condições favoráveis a um novo desenvolvimento de fauna e flora em locais de lavra mineral a céu aberto.

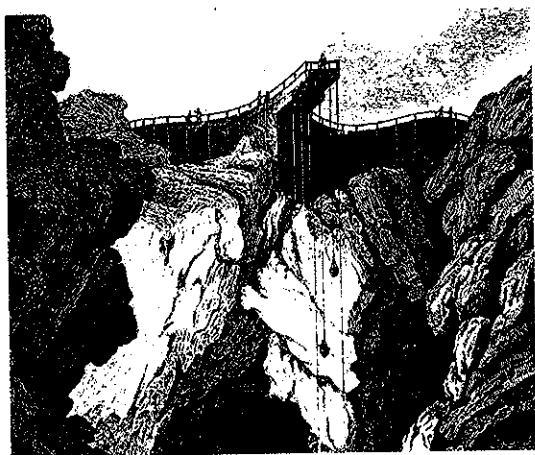
Palavras-chave: Mineração de superfície, recuperação, planejamento ambiental

ABSTRACTS The surface mining is, in general, an activity which can generate an intense degradation of the environment. It has a strong disruptive effect on the landscape because it requires the removal of the vegetation, soil and the waste rocks which lie over the deposit. So, there should be a constant concern of the scientists in order to make the surface mining, always be associated with the reclamation of the mined area.

This paper presents a plan for the *pedologist* action in activities of reclamation and revegetation of degraded areas by surface mining. The plan has different stages, ranging from the initial planning and laboratory analysis up to the field experiments. This plan can give an entirely scientific treatment to the land reclamation in order to protect the environment. It also can stimulate the adoption of techniques which will give favorable conditions to a new development of the fauna and flora of the surface mined lands.

Key-words: Surface mining, reclamation, environmental planning

O Brasil é hoje um país para o qual os olhos do mundo inteiro se voltam quando se fala em meio ambiente. Existe uma conscientização bem grande de que os efeitos deletérios de algumas atividades humanas sobre o meio ambiente têm que ser minorados. Mas existe, também, uma conscientização científica de que a defesa desses postulados não pode ser um entrave ao desenvolvimento brasileiro.



Dentro desse contexto se insere a utilização, de forma ordenada e coerente, das inúmeras riquezas minerais existentes em várias regiões brasileiras. Desse modo, a lavra de superfície ou a céu aberto é uma atividade que já existe e que deve ser incentivada, na medida em que minerais importantes e estratégicos para o desenvolvimento do Brasil sejam explorados.

Um componente essencial nesse processo é a *reabilitação* ou *recuperação* das áreas degradadas pela mineração a céu aberto. O termo *recuperação* engloba todas as atividades que permitam o desenvolvimento de vegetação ou que permitam qualquer outra utilização racional do local alterado pela mineração. Na maioria das vezes, as atividades de recuperação visam a recolocar uma cobertura vegetal na área explorada e essas atividades incluem operações que vão, desde a estética paisagística, até a revegetação completa da área, procurando manter as espécies típicas da região.

1. Ph. D. em Ciência do Solo e professor-adjunto da Universidade Federal de Viçosa.

Os esforços para explorar economicamente as reservas minerais da crosta terrestre vão conflitar cada vez mais com a tentativa de proteção da qualidade do meio ambiente. Então, técnicas cada vez mais avançadas de recuperação e reabilitação das áreas minerais, que busquem a diminuição da degradação ambiental, têm que ser utilizadas.

Mas o que se observa atualmente no Brasil, em matéria de recuperação de áreas mineradas, não é muito animador. Na região Norte existem exemplos de exploração mineral predatória com aumento da carga sólida e assoreamento dos rios e cursos d'água no Vale do Rio Jamari, em Rondônia (CARNEIRO FILHO, 1988). E o que é mais grave, é que se a vocação mineral que se advoga para a Amazônia for de fato levada a efeito sem uma contrapartida de um sistema de controle da poluição eficiente, em breve serão vistos erros, como os que se cometem hoje em Rondônia, se espalharem por todo o Norte brasileiro. Segundo o Boletim Técnico da SIF (SIF, 1989) a situação é crítica. Muitas companhias desejam empreender projetos de recuperação, mas falta-lhes o conhecimento básico necessário para iniciá-los. Esse lapso entre a boa vontade das companhias e o conhecimento de técnicas confiáveis é especialmente crítico nas ciências biológicas relacionadas com o recobrimento vegetal.

Neste caso, um aspecto fundamental é o conhecimento do solo ou do substrato onde essa recuperação tem que ser conduzida. Os procedimentos específicos na recuperação de áreas mineradas dependem essencialmente das propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo ou substrato que deverá apresentar condições para o desenvolvimento de plantas.

Dentro deste enfoque, os pedólogos ou cientistas que estudam solos podem contribuir de maneira muito significativa na recuperação das áreas mineradas. O nível de conhecimentos acumulados em todas as áreas do estudo dos solos como Gênese e Morfologia, Mineralogia, Química, Fertilidade etc. é enorme e não pode ser desprezado nesta luta em defesa do meio ambiente.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo principal apresentar um plano para a atuação dos pedólogos para uma ação conjunta com outros profissionais na recuperação de áreas de lavra a céu aberto. Este projeto visa a preencher uma lacuna agora existente e dar um tratamento mais científico ao substrato que pode ser solo, estéril ou rejeito da mineração, mas que essencialmente será suporte físico e o supridor de nutrientes para as plantas.

Metodologia

As atividades de recuperação das áreas mineradas são mais efetivas quando elas são um componente integral da operação de mineração e não apenas uma tarefa que tem que ser cumprida depois que terminou a atividade da lavra (MORAN *et alii*, 1980).

Dentro dessa filosofia, a atuação do pedólogo será feita em três etapas:

- I — Planejamento
- II — Análises de Laboratório
- III — Experimentação.

I — Planejamento

O planejamento constará de três fases, a saber:

- Levantamento de solos
- Coleta de amostras
- Tomada de decisão.

O levantamento de solos será um levantamento expedito, procurando determinar as características dos solos, prever e determinar a sua adaptabilidade para diferentes aplicações e classificar a terra de acordo com a sua capacidade de uso. Essa fase é importante porque, idealmente, o local minerado tem que voltar a ser o mais próximo possível do que era antes da mineração. A lei Federal de 1977 que regula a mineração de superfície nos Estados Unidos (MORAN *et alii*, 1980) requer que a terra seja restaurada em condições capazes de suportar os usos que ela suportava antes da atividade mineratória.

Nesse levantamento deverá ser feita uma avaliação dos solos das áreas vizinhas e das propriedades vizinhas para que se identifiquem alternativas a serem usadas na recuperação. A identificação da produção, na própria região, de materiais como bagaço de cana, casca de arroz, subprodutos da celulose e papel etc., é importante, pois esses podem se tornar úteis como materiais orgânicos valiosos na recomposição do habitat natural para microorganismos e plantas. Ou, ainda, identificação de áreas de solos de fácil recomposição de onde possa ser tirado uma parte do horizonte A₁, para ser utilizado na área a ser recomposta. É importante salientar que essa última alternativa é uma técnica que deverá ser utilizada somente em última instância e sob rigoroso controle do pedólogo, para não se correr o risco de se recuperar uma área causando distúrbio em outra.

A coleta de amostras é a fase na qual se retiram todas as amostras que serão utilizadas na condução de todas as análises físicas, químicas e mineralógicas e também as que serão utilizadas na condução dos experimentos de casa-de-vergetação. Uma parte da coleta é feita, concomitantemente, ao levantamento de solos, e outra parte é conduzida quando já se tem o material proveniente da mineração que vai permanecer no local.

A última fase da etapa de planejamento é muito importante. Em função do levantamento de solos, das potencialidades vizinhas, da capacidade de uso da terra, e dos objetivos da recuperação, serão tomadas as principais decisões de como conduzir todo o processo. A primeira diz respeito à remoção e armazenamento da parte superficial do solo, especialmente os horizontes orgânicos e o horizonte A₁. A lei americana de 1977 diz que para minimizar a erosão e a contaminação, os mineradores têm que armazenar os horizontes A e B dos solos e se as terras forem agricultáveis também o horizonte C tem que ser armazenado (MORAN *et alii*, 1980). Adaptando-se às condições brasileiras, onde os solos tendem a ser mais profundos, deve-se tentar que os horizontes orgânicos e o A₁ sejam armazenados, e se um dos objetivos da recuperação for a produção de forragem ou o cultivo de plantas com o intuito de produção comercial, não só os horizontes orgânicos mas também os horizontes A e B devem ser armazenados.

É importante, nesta fase, a decisão de procurar dispor as camadas do solo na área a ser recuperada, da mesma forma que o solo original, de modo a não criar ou aumentar problemas de compactação, entre outros. Sempre que possível, deve-se planejar a transferência do horizonte A₁ diretamente da área a ser minerada, para a área a ser recuperada, minimizando as perdas microbiais e de nutrientes e maximizando o número de plantas e sementes que sobrevivem a esta ruptura provocada (SIF, 1989).

Em áreas onde não existe o horizonte superficial do solo, ou onde não for possível o seu armazenamento, a decisão da melhor forma de recuperação será tomada em função do levantamento inicial e de uma indicação dos objetivos da recuperação. Em alguns casos, pode ser plausível a formação de lagos na área minerada e, em outros, pode haver o aproveitamento da área até mesmo para fins imobiliários.

II — Análises de Laboratório

Nessa etapa, procurar-se-á qualificar e quantificar as propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo ou substrato, para adequá-los às boas condições para o crescimento de plantas. Essas análises podem auxiliar também nos estudos de viabilidade do uso de subprodutos da indústria mineradora que poderão ser utilizados como fertilizantes, corretivos, ou condicionadores do solo ou substrato.

• Análises Físicas (Klute, 1986)

- Análise Textural
- Determinação da Estrutura
- Densidade Aparente
- Superfície Específica
- Parâmetros de Umidade:
- condutividade hidráulica
- capacidade de campo
- ponto de murcha permanente.

• Análises Químicas (Page et al., 1982)

- Determinação de pH
- Determinação de Eh
- Condutividade elétrica
- Ponto de Carga Zero
- Teores de Macronutrientes:
N, P, K, Ca, Mg e S
- Teores de Micronutrientes:
Fe, Mn, Mo, Zn, Cu, Cl e B.
- Teores de Metais Pesados
Hg, Ag, Cd, Pb etc.

• Análises Mineralógicas (Dixon e Weed, 1977; Klute, 1986)

- Difractometria de Raios-X
- Análise Térmica Diferencial
- Termogravimetria
- Determinação elementar
- Determinação de óxidos de Fe livres.

Essas análises terão por finalidade principal detectar possíveis limitações do solo ou substrato ao crescimento de plantas e adequar soluções para essas limitações.

Como limitações pode-se citar a textura do solo ou substrato. Se a textura é mais arenosa, o que é detectado pela *análise textural*, haverá problemas relativos à infiltração demasiada da água, com a conseqüente perda de nutrientes,

inclusive dos adicionados pela adubação, e haverá também uma tendência grande de uma erosão muito forte. Por outro lado, uma textura mais argilosa, indicada por um alto teor de argila pela análise textural, pode gerar problemas sérios de deficiência de arejamento e limitação da quantidade de oxigênio à disposição das raízes das plantas. Essa situação pode ainda originar uma compactação do solo ou substrato e, como conseqüência falta de permeabilidade para a água da chuva não sendo absorvida, gera erosão laminar. A análise textural pode caracterizar uma riqueza maior em silte de um determinado substrato. Isso normalmente ocorre quando o horizonte C é exposto e passa a ser horizonte superficial. Se, por um lado, isso pode ser bom em termos de liberação de nutrientes para as plantas, o aspecto mais importante é que isso pode indicar uma forte tendência à erosão e uma maior possibilidade de deslizamentos de taludes. Isso ocorre devido à grande instabilidade de um substrato rico em silte, que é função de seu alto grau de dificuldade de formar estrutura. Acresce-se a isso o fato de que, nessas situações, haverá um desequilíbrio da macro e microporosidade do solo ou substrato. A solução para a melhoria de qualquer uma dessas situações é o desenvolvimento de estrutura no solo ou substrato. Os fatores que ajudam nesse desenvolvimento da estrutura são: matéria orgânica, sistema radicular profuso, ação biológica de microorganismos e minhocas e flocculação dos colóides. Assim, a adição de qualquer material orgânico, a cobertura da superfície com plantas de sistema radicular fasciculado como as gramíneas, a introdução de minhocas etc. são todas técnicas que ajudam a desenvolver a estrutura do solo ou substrato e melhorar o balanço de micro e macroporos. Desta forma, uma parte de água que chega ao solo fica retida e à disposição das plantas (micro) e a outra parte percola, através do solo ou substrato, promovendo uma boa aeração (macroporos).

As análises químicas são da maior relevância para se detectar problemas de deficiência ou toxidez de macro e micronutrientes para as plantas. Essas análises são a base para qualquer cálculo de correção e adubação do solo ou substrato para se dar às plantas condições ótimas de fertilidade. No caso de toxidez, principalmente de micronutrientes, a análise química pode determiná-la; e técnicas que permitam a sua diminuição a níveis compatíveis com o crescimento de plantas podem ser implementadas. Por exemplo: Se Fe e Mn, a níveis tóxicos, são determinados pela análise química, uma correção do solo ou substrato através da calagem aumenta o pH do material o que provoca a insolubilização desses elementos; se níveis tóxicos de Cu e Zn são detectados, a incorporação de matéria orgânica pode diminuir ou eliminar essa toxidez devido ao alto poder complexante que têm os compostos orgânicos sobre cátions como esses, retirando-os da solução.

As determinações de pH e Eh são muito importantes. O primeiro, porque permite a sua manipulação através de calagens ou gessagens para adequá-lo de modo a permitir o desenvolvimento de vida; e o segundo porque mede a atividade de elétrons no meio, o que permite a avaliação do grau de redução a que está sujeito o substrato. Isso se torna mais importante na medida em que o monitoramento das condições de redução do meio é exigido.

As análises mineralógicas têm a sua importância na determinação da constituição das diferentes frações que compõem o solo ou substrato. A presença de minerais primários facilmente intemperizáveis nas frações grosseiras (silte,

arcia ou mais grossas) pode indicar uma melhor condição como reserva mineral de curto, médio e longo prazos para a nutrição das plantas. A determinação dos constituintes da fração argila pode trazer informações preciosas com respeito ao manejo do solo ou substrato. Argilas silicatadas do tipo I: I (grupo das caulinitas) e óxidos de Fe e Al indicam um substrato quimicamente pobre, menos reativo, mas também menos sujeito a problemas de compactação e impedimento de drenagem devido à baixa atividade da argila caulinitica, aliada ao grande poder de agregação e estruturação conferido pelos óxidos de Fe e Al. A presença de argilas silicatadas 2: I (esmectitas e vermiculitas) pode indicar um ambiente quimicamente mais rico, mas por serem materiais com alta superfície específica e alta atividade, eles podem ser também mais problemáticos quanto aos aspectos relativos à compactação e deficiência de drenagem. Em casos extremos de material muito argiloso e do tipo 2: I a compactação pode chegar a níveis grandes a ponto de causar uma deficiência de O_2 no solo ou substrato, o que não permite o desenvolvimento das plantas. Nesse caso, técnicas que provoquem uma melhor estruturação e um balanço de porosidade têm de ser utilizadas. Assim, a curto prazo, o uso de *subsolagem* é imprescindível para favorecer o escoamento da água e a aeração do solo ou substrato. A médio e longo prazos, a tentativa de aplicações profundas de calagem ou gesso pode promover uma melhor floculação dos colóides pela atuação de cátions, como o Ca^{++} , que por sua vez promovem a repressão da dupla camada de cargas, auxiliando essa floculação.

O conhecimento da mineralogia pode ser também extremamente útil para, em alguns casos, diminuir o nível de poluição causada por certos tipos de lavra. Algumas vezes o material a ser minerado é desagregado com jatos de água e, após a seleção de minério, o resíduo normalmente argiloso é lançado em uma área de decantação ou em cursos d'água próximos da exploração. Isso gera uma carga poluente sólida muito grande com impactos deletérios sobre o meio ambiente. Na maioria das vezes, além do assoreamento dos rios e cursos d'água, esse material argiloso tem atividade físico-química suficiente para promover mudanças nos corpos d'água pela retenção dos nutrientes neles dissolvidos, ou por mudanças na transparência da água, ambos fatores que afetam toda a cadeia trófica existente nesses meios. É importante, então, em primeiro lugar, que os rejeitos sejam sempre jogados em lagoas de decantação e, em segundo lugar, que essas lagoas sejam eficientes em retirar as partículas sólidas de suspensão. Assim, o tipo de argila constituinte do rejeito e a análise de características como o PCZ (Ponto de Carga Zero) do material pode auxiliar na decantação mais eficiente do resíduo sólido. Aplicação de cátions floculantes, mudança de pH na direção de $pH = PCZ$, ambas técnicas que favorecem a floculação de colóides e a conseqüente sedimentação, são algumas técnicas que podem resultar numa eficiência muito boa na decantação e na eliminação desse tipo de poluição.

III — Experimentação

Essa etapa diz respeito à parte experimental do projeto que se refere aos ensaios biológicos que serão conduzidos em casa-de-vegetação e no campo, em função das informações das análises de laboratório conduzidas.

Os ensaios serão conduzidos de acordo com normas de controle experimental rigorosas, de modo que os resultados obtidos possam ser analisados estatisticamente.

• Ensaios em casa-de-vegetação

Esses ensaios apresentam a vantagem de permitir que o experimentador regule os principais fatores que influenciam o desenvolvimento das plantas, de maneira que apenas um deles varie. Desse modo, põe-se em relevo a ação desse fator considerado já que, dentro de certos limites, a diferença observada será devida a ele.

Ensaios desse tipo se prestam para analisar a resposta do vegetal à aplicação de fertilizantes e também à análise das respostas do uso de técnicas que busquem a correção de limitações que certos substratos podem apresentar. Por exemplo: na revegetação de áreas mineradas existe uma técnica usual de se plantar mudas de árvores em covas, normalmente $60 \times 60 \times 60$ cm, nas quais se coloca solo rico em matéria orgânica e adubação adequada. O que se tem observado a nível de campo, é que quando as raízes deixam esse ambiente favorável e penetram, na maioria das vezes, no ambiente hostil do substrato, elas não se desenvolvem normalmente e as plantas morrem. Nesse caso, uma simulação dessa situação em casa-de-vegetação pode ser muito útil, e diferentes formas de se modificar o substrato hostil podem ser tentadas com a facilidade de se trabalhar com a maioria das condições controladas.

• Ensaios de campo

Os ensaios de campo são extremamente importantes, pois serão a complementação de todas etapas anteriores. Dos experimentos de campo sairão respostas que servirão não só para a área em questão, mas também para extrapolação dos resultados para outros locais. Para isso, esses experimentos devem ser também conduzidos sob as normas estatísticas aplicáveis. A repetição na condução dos experimentos, por anos seguidos, pode evitar as variações causadas por condições climáticas não usuais, apenas em um ano.

Os ensaios de campo são também importantes para observar o comportamento da cobertura vegetal, o controle da erosão, o controle da poluição de sólidos em cursos d'água etc., que só podem ser bem avaliados em um acompanhamento que ultrapasse a simples colocação das plantas no campo. É importante que essa parte seja bem explicitada nos objetivos de longo prazo do projeto porque, na maioria das vezes, a companhia mineradora encerra a sua participação quando coloca a cobertura vegetal no local e nem sempre essa cobertura vegetal se mantém estável.

Os experimentos de campo demandam um cuidado maior devido ao maior número de fatores a controlar, como: época de plantio, irrigação, controle de pragas, doenças e ervas daninhas, correção do solo ou substrato etc.

Conclusão

O presente projeto objetiva a apresentação de um plano de atuação do pedólogo ou cientista que estuda solos

nos trabalhos de recuperação e revegetação de áreas degradadas por mineração de superfície.

O referido plano consiste, basicamente, em três etapas que vão desde o planejamento e análise de laboratório até experimentos de campo, com o intuito de proteger o meio ambiente e possibilitar condições favoráveis de desenvolvimento da fauna e da flora em locais de lavra mineral a céu aberto.

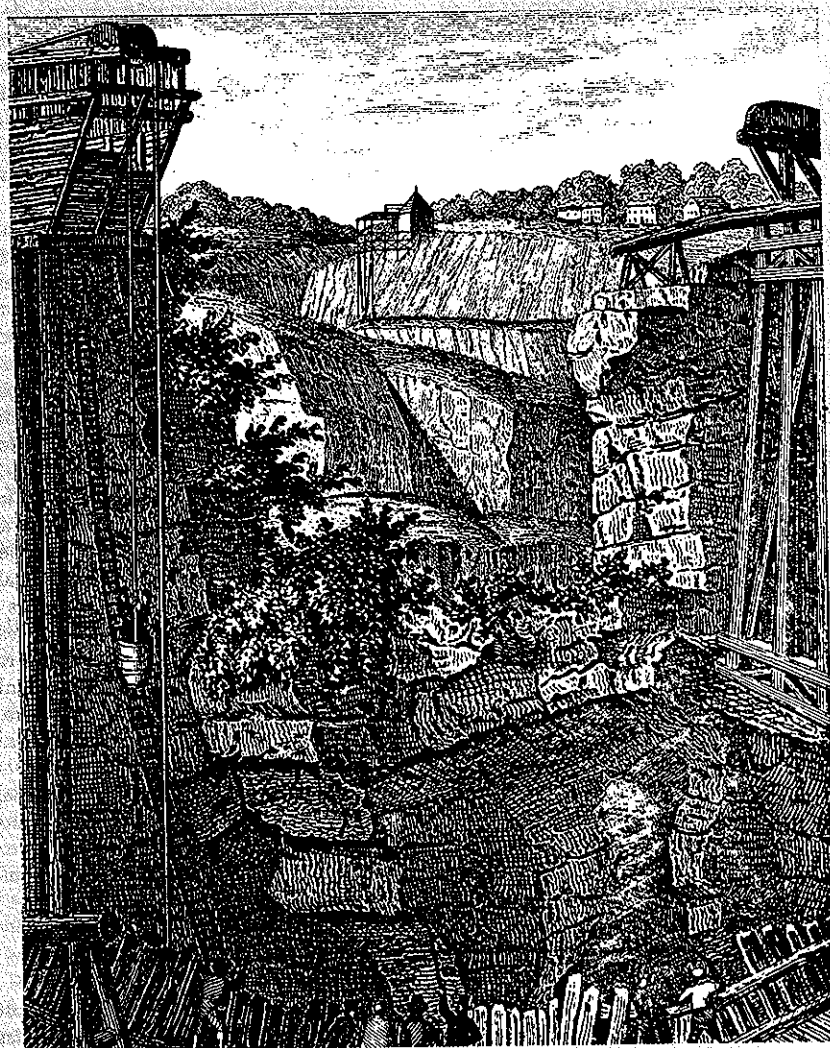
É importante notar que em todas as fases do processo, o pedólogo trabalhará em um relacionamento estreito com outros profissionais, como Engenheiros Cíveis, Engenheiros de Minas etc. Especialmente na última etapa, nos ensaios de casa-de-vegetação e campo, o trabalho será conjunto com Engenheiros Florestais, Engenheiros Agrônomos e Botânicos especialistas em plantas, já que aspectos importantes relacionados com a manutenção de espécies nativas, introdução de espécies exóticas, melhoramento genético visando a obtenção de variedades tolerantes a limitações específicas, devem ser considerados dentro da mais estrita metodologia científica. Uma metodologia empírica, sem um embasamento teórico, não terá um lugar proeminente em um projeto desse calibre.

As companhias de mineração devem ser sensibilizadas para investir em um plano como esse que, apesar de gerar

um custo adicional, será infinitamente inferior ao que deverá ser gasto com obras corretivas iniciadas apenas após o final da mineração.

Literatura citada

1. CARNEIRO FILHO, A. Rondônia: Artérias Poluídas. *Ciência Hoje* 8(45): 73-74, 1988.
2. DIXON, J. B. e S. B. WEED. *Minerals in Soil Environments*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 1977, 1948p.
3. KLUTE, A. *Methods of Soil Analysis. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Ed. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, 1986, 1188 p.
4. MORAN, J. M., M. D. MORGAN, e J. H. WIERSMA. *Introduction to Environmental Science*. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 1980, 658 p.
5. PAGE, A. L., R. H. MILLER e D. R. KEENEY. *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, 1982. 1159 p.
6. SIF. Sociedade de Investigações Florestais. *Avaliação da Recuperação de Áreas Mineradas no Brasil*. Boletim Técnico Número I, 1989.



CARTAS



Rio de Janeiro, 12 de abril de 1990

A Revista Ambiente

Venho aqui expressar meu desagrado diante da entrevista com o sr. Lutzenberger, publicada na revista Ambiente, vol. 3, nº 1, de 1989, que por força do destino chegou-me às mãos semanas atrás.

Lamento a forma (e o fim) pela qual a entrevista foi produzida, tendenciosa e não condizente com as maneiras que deveriam orientar esta revista científica. Seu objetivo não foi o de informar somente, mas foi de atacar de forma prepotente formas de pensamento que são justamente contrárias ao que vivemos hoje. Infelizmente, vi ali algo profundamente lamentável para uma publicação deste nível: perseguição religiosa, tal como fazem inúmeras seitas e credos, inclusive as ditas "cristãs", numa grande insanidade. Tal comportamento é sinal de desinformação gritante quanto ao conteúdo das escrituras bíblicas por parte do entrevistador e do entrevistado e de um possível "trauma religioso" comum a tantas pessoas que se desiludiram com as arbitrariedades da Igreja, as mesmas desilusões que as moveram a confundir as coisas.

Não sou membro de igreja alguma, como podem pensar alguns, sou um cristão comum e acho que Deus não preci-

sa de homens para se defender...; procuro, sim, zelar pela informação precisa e pela compreensão dos fatos.

O episódio me pareceu uma grande gafe, um erro grotesco, como se dissessem que a China é a maior democracia do mundo (como já chegaram a dizer algumas "cabeças nobres", antes do ocorrido na praça da "Paz Celestial"...).

Gostaria de, caso ninguém até hoje tenha conseguido desfazer a polêmica, contribuir para solucioná-la.

Desde já agradeço a atenção.

Salvador C. de Sá e Benevides
Engenheiro Florestal



Cuiabá, 23 de março de 1990

A Revista Ambiente

Tem esta a finalidade de enviar os meus dados cadastrais para continuar recebendo a revista Ambiente, a qual interessa-me sobremaneira, porque, para nós do Interior, as literaturas especializadas são tão difíceis de serem encontradas, principalmente ao nível técnico desta, com artigos de grande atualidade.

Parabenizo-os pelos bons trabalhos apresentados e pelo esforço de difundir um assunto de relevante importância para o País, que é o saneamento ambiental.

Fernando Rodrigues Palma
Engenheiro Civil



João Pessoa, 19 de setembro de 1990

A Revista Ambiente

Recebemos a Revista Ambiente, volume 4, número 1, 1990, e agradecemos a gentileza. Queremos cumprimentar

V.Sa. e sua equipe pelo competente trabalho que vêm realizando. A qualidade da revista, a cada número, está mais apurada e, para nós, que trabalhamos com meio ambiente, ela é de capital importância. Aqui, na Sudema, a Revista Ambiente goza do maior prestígio, tanto que temos de providenciar cópias de várias matérias para diversas seções.

Maria Neide Polari Souto
Superintendência de Administração
do Meio Ambiente
Governo do Estado da Paraíba



México, 6 de agosto de 1990

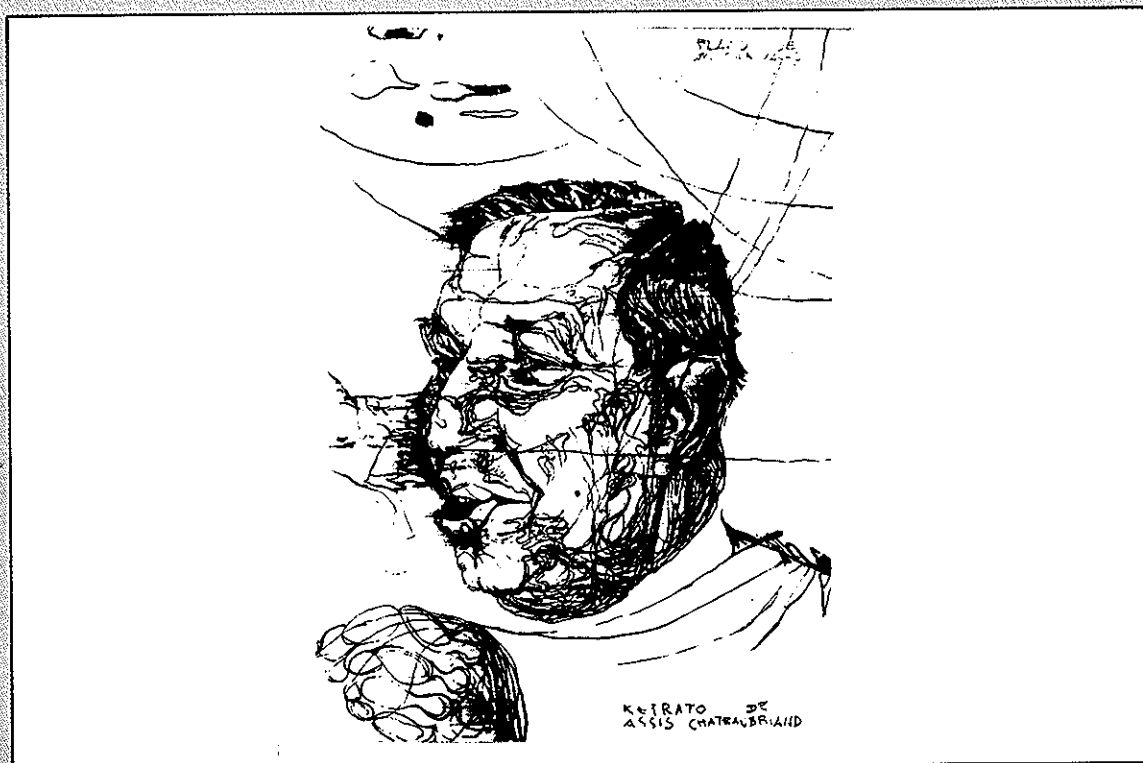
A Revista Ambiente

Mucho le agradeceré tenga la gentileza de informarme si em su revista pueden publicar artículos en Español, pues es de nuestro interés colaborar con ella.

En espera de su respuesta, le envío un cordial saludo.

M. en I. Mabel Vaca Mier
Professora Titular da Área de Processos y Médio Ambiente
Casa abierta al Tiempo — Universidad Autónoma Metropolitana — Azcapotzalco — México

Resposta: Teremos a maior satisfação em publicar, dentro das nossas possibilidades, artigos de especialistas de outros países. Temos a certeza de que experiências realizadas no México trarão valiosos subsídios para o desenvolvimento da tecnologia no setor de saneamento ambiental. Adiantamos apenas que os artigos passarão por uma tradução para o Português, e submetidos, como é norma nesta revista, à apreciação do Conselho Editorial.



A Revista Ambiente

Em "Ambiente" falo de meu ambiente, isto é, onde piso desde 46, ano em que Assis Chateaubriand teve a idéia de instituir um museu de arte. A novidade era tal que o pessoal amigo se surpreendeu, enquanto os inimigos vociferaram previsões malévolas, a ponto de seu diretor, o subscrito, ter sido obrigado, certa vez, a usar socos. De qualquer jeito, as coisas deram certo, aliás, certíssimo.

Com o Assis ao lado foi fácil criar o Masp, já que seu interesse se concentrava em conseguir os meios, tornando possível formar uma Pinacoteca de primeira, digo, de pri-

meiríssima ordem, a ponto de hoje em dia emprestarmos com frequência obras de nosso acervo para compor exposições organizadas por museus internacionais, representando assim o Brasil no Exterior.

Repito: tudo se deve ao senhor Chateaubriand. Hoje São Paulo conta com uma coleção representativa, única na América Latina e de renome internacional.

Mas o Masp é também sede de congressos culturais, de exposições de caráter internacional e de artistas brasileiros, além de organizar uma série de outros eventos.

Recentemente, tive oportunidade de recordar que o Brasil tem dado escassos sinais de interesse pela

cultura, setor justamente a ser acentuado. A extinção de alguns órgãos como o Ministério da Cultura e de outras entidades de âmbito nacional, sob a alegação de ser a primeira de outras necessidades do novo governo, provocou um certo desequilíbrio e protestos, apesar de se saber que estamos num momento reconstrutor da ação governamental.

De qualquer jeito, tudo quanto de conveniente for possível preparar para reforçar o meio ambiente cultural, será sempre bem recebido.

Pietro Maria Bardi

Diretor do Museu de Arte de São Paulo

Cartas à Revista "Ambiente
Redação: Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Prédio I, 1º andar, sala 100
Telefones: 210-1100/Ramal 587; 210-0174 e 815-3226
CEP 05489 — São Paulo — SP — Brasil

(Continuação da pág. 4)

do seu mercado, o seu desenvolvimento industrial permitirá reduzir consideravelmente o teor de cloro da estratosfera (*La Recherche*, junho de 1990).

Transformar o teto das casas em áreas verdes...

Os suíços de Zurique estão seriamente preocupados com suas áreas verdes, uma vez que 80 por cento de seu solo se acha impermeabilizado. Descobriram, então, a existência de uma área potencial de dois quilômetros quadrados, na cidade, representada pelos tetos de suas construções e já desenvolveram uma técnica de cultivo dessas áreas. O teto é recoberto com uma mistura de areia e cascalhos, o que forma um biótopo adequado a várias associações vegetais que têm preferência por lugares quentes e secos. Junto aos lados dos tetos, coloca-se uma camada desse substrato de 20 cm de espessura, o que permite, em poucos anos, o crescimento de uma vegetação muito densa; na parte central do teto, a camada se reduz a apenas 5 cm de espessura, permitindo o desenvolvimento apenas de algumas espécies pioneiras. Numa tal "pradaria de cobertura" podem ser encontradas até 70 espécies vegetais, a maioria das quais raras ou ameaçadas de extinção. Várias técnicas de vegetação intensiva, gramado, vegetação extensiva e fachadas vegetalizadas (heras) são descritas por M. Thommen, no artigo "Vegetação e Habitat", publicado no boletim: *Protection de L'Environnement en Suisse*, nº 1 de 1990.

Controvérsias sobre o amianto

O número de julho-agosto de 1990 da revista francesa *La Recherche* relata, sob o título de "Escândalo no reino do amianto", uma séria briga política entre a Associação francesa do amianto e o governo da República Federal Alemã que decidiu interditar a fabricação, em seu território, a importação e a colocação no mercado de alguns produtos à base de amianto, a partir de 1991. Os franceses julgaram tais medidas como "discriminatórias e susceptíveis de entravar a livre circulação de mercadorias", em contravenção às decisões européias de 1983 e 1985 que fixavam uma lista de produtos à base de amianto cujo comércio era permitido. Todos os cientistas estão de acordo, hoje em dia, sobre os efeitos nefastos que as fibras de amianto dos anfíbios, tais como a *crocodylita* ou amianto azul, produzem sobre o organismo, principalmente quando inalados na forma de poeiras. Entretanto, continuam sendo discutidos os efeitos e os mecanismos de ação da *crisotila*, que é a forma de amianto mais empregada no mundo (90%). Por exemplo, um artigo publicado na revista *Science*, de 19 de janeiro de 1990, considera como excessivamente restritivas as medidas adotadas pela EPA norte-americana, concluindo que o "pânico do amianto" nos Estados Unidos é destituído de fundamento. Se-

gundo alguns autores há que se fazer distinções "entre crisotilas e crisotilas", uma vez que, entre estas, algumas são impregnadas de sais de ferro capazes de originar compostos fortemente oxidantes que agredem as células vivas; segundo outros, o efeito predominante do amianto está, entretanto, ligado às dimensões das fibras e à sua insolubilida-



de, além do efeito químico. De qualquer maneira, as consequências de doses muito pequenas de amianto inaladas por longos períodos são ainda mal conhecidas, devendo ser esclarecidas por pesquisas em curso nos EUA e França. Por outro lado, restam dúvidas ainda sobre a inocuidade dos substitutos do amianto, tais como as fibras cerâmicas e de vidro.

Rotas de sais

Pesquisas realizadas pela Universidade de Siracusa (EUA), na Tanzânia, demonstraram que as rotas de migração de herbívoros, no Parque Nacional de Serengeti, estão ligadas à riqueza de sais minerais nas pastagens. As regiões em que as ervas são mais ricas em sódio são ocupadas permanentemente por espécie sedentárias e procuradas pelas migratórias. Em geral as migrações são iniciadas pela busca de áreas que permaneçam mais úmidas, nos territórios setentrionais, quando se aproxima a estação seca. Porém, durante a migração, já as fêmeas do gnu em período de lactação, assim como seus bezerros, detêm-se em regiões intermediárias onde encontram concentrações ótimas de nutrientes tais como sódio, magnésio, fósforo, cálcio etc., enquanto os machos e as demais fêmeas, menos exigentes, prosseguem em suas rotas para o Norte. (*La Recherche*, setembro de 1990).

Elédeas: Poderosos bioacumuladores

Todas as pessoas que cultivam peixinhos ornamentais em aquários conhecem a elédea: longos filamentos com folhinhas delicadas que, de vez em quando, produzem flores brancas flutuantes. Pesquisadores franceses de Nancy descobriram que essas plantas podem constituir excelentes auxiliares no monitoramento de metais pesados em rios e lagos. Além disso, elas vêm ajudando a elucidar alguns mistérios sobre a capacidade que têm os seres vivos de acumular seletivamente certas substâncias. Verificaram, por exemplo, que a absorção de certos pares metálicos, como Fe-Cr; Fe-Ni; Fe-Cu; Ni-Zn; Ni-Pb etc., favorece sistematicamente o acúmulo do primeiro metal (Fe ou Ni), por efei-

to sinérgico. Ao contrário, na absorção de outros pares, como Zn-Cu; Nz-Pb; Pb-Hg; Pb-Ni; Hg-Cr; Hg-Fe etc., há uma redução sistemática do acúmulo dos primeiros, em virtude de uma ação antagonista sobre a bioacumulação (*La Recherche*, setembro de 1990).

Os paradoxos da crise ambiental

O número de julho-agosto da conceituada revista francesa "*La Recherche*", publica extenso artigo de F. di Castri (diretor de pesquisas do Centre National de Recherche Scientifique de Montpellier e presidente do Scientific Committee on Problems of the Environment, do Conselho Internacional das União Científicas) intitulado: "Meio Ambiente: os paradoxos de uma crise." Segundo Castri, existem pelo menos três paradoxos dificultando as soluções previstas, desde a Conferência de Estocolmo, de 1972, para o problema ambiental. O primeiro refere-se a um problema estrutural e não conjuntural, segundo o qual a velocidade da deterioração do ambiente é muito maior do que a dos efeitos conseguidos pelas ações propostas para corrigi-los.

Assim sendo, mesmo que haja substancial aumento dos recursos financeiros disponíveis, isso não altera as tendências atuais de degradação. O segundo paradoxo relaciona-se com a própria pesquisa científica, que permanece estritamente disciplinar e não interdisciplinar como conviria ao trato das questões do meio ambiente. Como resultado disso, observa-se uma inevitável incompreensão por parte de maioria significativa do "establishment" acadêmico, levando ao fato surpreendente de que apenas 5 a 10 por cento das pesquisas atuais sobre meio ambiente encontrem aplicação efetiva. Finalmente, o terceiro paradoxo resulta da constatação de que os problemas ambientais são interdependentes tanto no tempo quanto no espaço, enquanto as pesquisas e as ações corretivas se caracterizam pelo seu caráter isolado e por uma certa "presunção". Ora, conclui o autor, "nenhuma disciplina, inclusive a ecologia, pode pretender tratar com sucesso esses problemas, nenhum órgão de pesquisa ou serviço administrativo pode considerar-se auto-suficiente e nenhum país, mesmo o mais poderoso, pode pretender resolver sozinho os problemas do ambiente planetário ou impedir suas repercussões sobre o seu território". E acrescenta: "Os países do Terceiro Mundo recusam, claramente, o princípio da condicionalidade. Este estabeleceria como condição à ajuda econômica para o desenvolvimento, a aceitação e a prática de medidas para a salvaguarda do ambiente global; por outro lado, eles desejam apoio substancial ao desenvolvimento de uma tecnologia própria. Com efeito, como exigir uma solidariedade sem compensação da parte dos países do Terceiro Mundo? Estes representarão, nos próximos trinta anos, mais de 80% da população mundial, enquanto seus recursos se esgotam rapidamente, ao mesmo tempo que a maior parte das alterações climáticas é provocada pelas atividades dos países industrializados."

OPINIÃO

Nova era no diálogo entre nações

UBIRATAN D'AMBROSIO

As transformações políticas na Europa Oriental e na União Soviética reduziram drasticamente o perigo de um conflito militar Leste-Oeste e mudaram fundamentalmente o cenário estratégico no mundo. Prevê-se a redução dos enormes estoques de armamentos convencionais, nucleares e químicos de ambos, e a reorientação dos recursos humanos e materiais ali disponíveis em direção a atividades que assegurem a melhoria da qualidade de vida da humanidade como um todo.

O que é mais importante, parece ter se aberto uma nova era de diálogo entre nações ideologicamente em oposição. A possibilidade desse diálogo é claramente estabelecida no Manifesto Einstein-Russell, de 1955, sobre o qual se fundou um dos mais ativos movimentos de cientistas contra a corrida armamentista, que é o Movimento Pugwash, e cuja 40ª Conferência Anual, subordinada ao tema "Para um Mundo Seguro no Século XXI", teve lugar de 15 a 20 de setembro perto de Londres e à qual compareceram mais de 200 cientistas provenientes de 43 países.

Embora a conferência tenha dedicado grande atenção às consequências estratégicas das grandes mudanças que têm tido lugar na Europa, naturalmente a crise no Golfo Pérsico ocupou bom espaço na reunião. Mas está claro que problemas globais, que vão além da paz militar, estão nas raízes de tensões que inviabilizam qualquer distensão entre as potências desenvolvidas. Não pode haver segurança real no mundo enquanto as causas de instabilidade política e tensão internacional não forem abordadas. Proeminentes entre esses fatores estão as disparidades entre ricos e pobres, internamente nas nações, e



O professor Ubiratan D'Ambrosio, da Universidade Estadual de Campinas, é coordenador dos Institutos de Pesquisa da Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo. Também é coordenador do Grupo Pugwash Latinoamericano e Membro do Conselho Pugwash.

entre as nações, outras formas de abuso de direitos humanos, e problemas ambientais regionais e globais — poluição de ar e águas, buracos ozônicos, mudança de clima, erosão do solo, elevação do nível das águas, perda de biodiversidade — fatores que estão paulatinamente destruindo a qualidade de vida e o bem-estar, tanto nos países industrializados, quanto naqueles menos desenvolvidos. A solução desses problemas requer um esforço cooperativo sem precedentes, unindo países do Norte e do Sul em projetos de educação, de saúde, de agricultura sustentável, de suprimento de energia. Não se trata apenas de aspectos quantitativos, mas igualmente dos aspectos qualitativos desses projetos. Igualmente importantes são medidas que permitam a utilização mais eficiente de energia, a redução dos resíduos de consumo, tais como o lixo doméstico e industrial, e a eliminação adequada desses resíduos, evitando a crescente poluição de sítios ambientais e mes-

mo incrementando a limpeza desses sítios. E não podemos deixar de lado o problema populacional, tanto do ponto de vista de crescimento da população, quanto de enormes fluxos migratórios por causas as mais diversas.

A crise, no sentido tão amplo com que ela se apresenta, dificilmente poderá ser resolvida com medidas corretivas do próprio sistema. Exige-se uma cirurgia profunda, um repensar das instituições que hoje constituem as pedras lapidárias da atual ordem econômica e social. Conceitos como o de soberania, que têm regulado as relações entre as nações, são absolutamente obsoletos. De fato, reconhece-se que a natureza é um bem comum e como tal seu uso deve ser regulado. Assim, a idéia de propriedade só é admissível no conceito de condomínio. Igualmente, a tecnologia resulta de um saber acumulado pela humanidade no curso de milhares de anos, para o qual contribuíram todas as civilizações, raças e nações e, como tal, é patrimônio de toda humanidade. Portanto, a idéia de propriedade tecnológica, consubstanciada na idéia de patentes e propriedade industrial, é insustentável. Por radicais que possam parecer essas idéias, somente a partir delas poderão ser tratados problemas emergentes, tais como a responsabilidade com relação a vastas reservas ecológicas, a exploração de terras produtivas e com grandes reservas minerais, os grandes reservatórios de água potável, e a transferência de tecnologia fundamental para que problemas de saúde, alimentação, moradia, educação e comunicações e informação no Terceiro Mundo sejam tratados adequadamente e sem mecanismos opressores, como a dívida externa ou substitutivos.