


ambiente

REVISTA CETESB DE TECNOLOGIA

ANEXO 3 - NÚMERO 3 - 1987

ISSN 0102-6688



**Efeitos do controle
da poluição por
veículos até 1999**

(pág. 62)

ambiente

REVISTA CETESB DE TECNOLOGIA



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA

Rogé Ferreira

Diretor-Presidente

Anísio Ribeiro de Lima Filho

Diretor Administrativo

Antônio Sérgio Menon

Diretor Financeiro

Eduardo Cunha San Martin

Diretor de Ação Regional

Ivan Carlos Maglio

Diretor de Planejamento Ambiental

Jorge Rafful Kanaway

Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Laura Maria Regina Tetti

Diretora de Educação Ambiental

Nelson Vieira de Vasconcelos

Diretor de Controle

Nivaldo José Chiossi

Diretor de Tecnologia e Qualidade Ambiental

Roque Monteleone Neto

Diretor de Pesquisa

Conselho Editorial

Arq. Jorge Wilhelm, Adv. José Antônio de Affonseca Rogé Ferreira, Prof. Roque Monteleone Neto, Prof. André Luis Perondini, Prof. Celso Orsini, Prof. Eduardo Kugelmas, Eng^o Gabriel Murgel Branco, Psicol. Germano Seara Filho, Prof. Hamilton Targa, Eng^o Ivan Carlos Maglio, Prof. João Gualberto de Carvalho Menezes, Quim. João Ruoco Júnior, Prof. José Zatz, Econ. Júlia A. Schreiner, Sociol. Laura Maria Regina Tetti, Prof. Lúcio Félix Kowarick, Eng^o Marcos Eduardo de Souza, Geol. Nivaldo José Chiossi, Eng^o Rubens Monteiro de Abreu, Prof. Rui Laurenti, Prof. Samuel Murgel Branco.

AMBIENTE - Revista CETESB de Tecnologia é uma publicação da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Editor:** Volf Steinbaum; **Editor Assistente:** Esther Calichman (MTb 12.044); **Editor de Arte:** Eduardo Marzagão Tommasini; **Revisão:** Mariza dos Passos e Maria Madalena Delphino Barbosa; **Tradução:** Clovis de Almeida; **Processamento de Textos:** Antoinette K. Colasurdo; **Desenhos e Arte Final:** Joaz dos Santos Yamamoto, José Geraldo Ribeiro Neto e Kazuo Sato; **Distribuição:** Atílio Brunacci; **Fotolito:** Luiz G. B. Calou; **Fotocomposição:** Bandeirante S.A. Gráfica e Editora; **Impressão:** Gráfica da CETESB. **Redação:** Av. Prof. Frederico Hermann Júnior, 345 - Prédio 1 - 1^o andar, telefone 210-1100, 05459 São Paulo, Brasil. Os conceitos emitidos nos artigos assinados são de responsabilidade dos autores. A Redação solicita informar qualquer transcrição, referência ou apreciação dos artigos da Revista.

SUMÁRIO

Cartas	58
Carta ao Leitor	59
Ambiente Mundial	60
IMPACTO AMBIENTAL DO PROCONVE Eduardo M. Murgel	62
CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL: CUBATÃO, FILOSOFIA E CONCEITO João Baptista Galvão Filho	70
AÇÃO PREVENTIVA DE PLANEJAMENTO, UMA PROPOSTA Lúcio Gregori	74
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA SERRA DO MAR Celina Franco Bragança, Elisabete Cristina Kono, Luiza S. Junqueira Aguiar e Roney Perez dos Santos	77
RUÍDO DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO MUNICÍPIO DE AMERICANA Antonio Alessio Filho	86
PROCESSAMENTO DE AMOSTRAS E CONTAGEM DE ORGANISMOS FITOPLANCTÔNICOS Sérgio Roberto e Denise Navas Pereira	89
AVALIAÇÃO DO NÍVEL TRÓFICO DAS ÁGUAS DO MAR PEQUENO - Resultados iniciais Pedro Antonio Zagatto, Rosalina Pereira de Almeida Araújo, Elenita Gherardi Goldstein e Eduardo Bertoletti	95
AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS TÓXICOS DE ALGUNS SURFACTANTES A MOLUSCOS DA REGIÃO DE UBATUBA Waldir Malagrino, Norival Pereira e Aristides Almeida Rocha	99
SANEAMENTO DE BAIXO CUSTO, UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA Antônio Carlos Rossin e José de Araújo de Oliveira Santos	102
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DOS RIOS EM SÃO PAULO E NA FRANÇA Rubens M. de Abreu	109

Cartas

Senhores,

Achei ótima a idéia da CETESB de publicar uma revista técnica nos mesmos moldes de instituições internacionais congêneres. Congratulo-me com V.Sas. pela feliz idéia de abrir espaço a técnicos de todo o País, para que possam divulgar a sua contribuição na área do meio ambiente. Permitam-me sugerir que, na medida do possível, seja inserida uma seção tipo "Eventos", discriminando os principais acontecimentos no Brasil e no mundo.

Engenheiro J.E.W.Cavalcanti
ECOPAM
São Paulo, SP

Agradecemos sua sugestão, que está devidamente anotada.

•••

Senhores,

Cordiais parabéns e votos de pleno sucesso ao caminho desta excelente e urgentemente necessária nova revista.

Prof. Dr. Harald Sioli
Max-Planck-Institut für Limnologie
Plön, Alemanha

•••

Senhores,

É com imensa gratidão que acuso o recebimento da revista AMBIENTE nº 1, a cuja lista de privilegiados assinantes gostaria de pertencer. A leitura de AMBIENTE demonstra que trata-se de uma publicação de grande valor, que se propõe a um intercâmbio de tecnologia, isenta da preocupação de promover entidades ou técnicas do órgão responsável. Por esta razão, congratulo-me com seus idealizadores,

prevedo um sucesso de inestimável valor para aqueles que desejam um Brasil saudável. Sem mais, colocamo-nos à inteira disposição de V.Sas. para qualquer colaboração que achar necessária.

Constantino Arruda Pessoa
Engenheiro Consultor
Rio de Janeiro, RJ

Estamos à espera da valiosa colaboração do ilustre sanitarista.

•••

Senhores,

Parabéns entusiásticos, que peço estender a toda a Diretoria da CETESB, pela iniciativa do lançamento de uma revista especializada que vem preencher lacuna em tão importante quanto atual setor que é o meio ambiente. Augurando-lhe merecido sucesso e continuidade, permito-me pedir-lhes determinações no sentido de garantir-me desde já assinatura a partir do precioso nº 1, para esta profissional antecipadamente grata.

Bióloga Teresa Cristina Ávila Pires
Museu Goeldi - DZOO
Belém, PA

•••

Senhores,

Tomei conhecimento através da imprensa (Jornal do Brasil, Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro e O Globo de 10-2-87) de assunto de meu interesse, com os títulos "FEEMA está na vanguarda na área de controle da poluição de águas"; "FEEMA destaca o bioensaio"; "Companhias de água vão medir a poluição nos rios". Fiquei um tanto surpreso em relação

ao pioneirismo do Estado do Rio de Janeiro nesta área de controle de poluição de águas de rios e esgotos industriais, já que venho há alguns anos realizando ensaios biológicos diversos, participando de congressos e também publicando alguns trabalhos, sempre alicerçados nos trabalhos da CETESB, que me servem de parâmetros comparativos. Paralelamente, acabo de receber o nº 1 da revista AMBIENTE, cuja maneira de expor os problemas ambientais me faz lembrar os periódicos europeus. Na referida revista encontrei um artigo sobre bioensaio com o título "Bioensaio: um programa a serviço do controle da poluição - Resultados iniciais", calçado em atividades realizadas por técnicos da CETESB, no ano de 1977. Em vista do exposto, gostaria de receber um esclarecimento acerca do histórico desta atividade, na qual venho labutando desde 1978, acreditando ser pioneira no País.

Biólogo Waldir Malagrino
Aluno de Pós-Graduação do
IPEN - Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares
São Paulo, SP

Efetivamente, a CETESB iniciou seus trabalhos de bioensaios, de forma metódica e contínua, no ano de 1977, seguindo metodologia da ISO - International Organization for Standardization, com sede em Paris. Desde então, mantém estreito relacionamento com os principais centros de pesquisa de todo o mundo, nessa área, além de ter ministrado cursos e estágios para profissionais de todo o Brasil.

Carta ao Leitor

Com a vigência do novo Governo do Estado de São Paulo, a CETESB passa, também, a viver uma nova fase de sua vida. Não apenas pela substituição de sua Diretoria, que sempre constituirá uma fonte de novas idéias e de novos impulsos à sua importante tarefa de preservar o meio ambiente, mas também pela sua transferência, quase integral, da Secretaria de Obras e Saneamento para a recém-criada Secretaria do Meio Ambiente. Aí atuará, como órgão tecnológico, ao lado de outros órgãos do Estado ligados a recursos naturais, como os institutos de Botânica, de Pesca, de Geologia e Florestal.

Esta mudança constitui, de um lado, o passo definitivo na evolução de um enfoque puramente sanitário, que caracterizava a ação da CETESB ao ser criada, em 1968, como "Centro Tecnológico de Saneamento Básico", para o enfoque mais abrangente, de órgão tecnológico para estudo e controle da qualidade ambiental, que constitui a missão da atual Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

Da Secretaria do Meio Ambiente assim constituída, espera-se agora a elaboração de uma verdadeira política ambiental do Estado, baseada em perfeita definição de usos de cada região do território paulista e suas limitações através de zoneamento coerente com a manutenção de sua "viabilidade ecológica". Essa é uma tarefa de planejamento, mas sobretudo um planejamento baseado em perfeito conhecimento das características e vocações ambientais de cada região, que deverá ser realizado em perfeita consonância com o planejamento geral do Estado, de forma a que o parâmetro ambiental passe a ser devidamente considerado em todas as iniciativas, empreendimentos, concessões e licenciamentos de responsabilidades da administração pública.

Somente dessa forma a ação da CETESB poderá deixar de ser casuística e preponderantemente corretiva para tornar-se planejada e preventiva, mais condizente com um órgão de apoio tecnológico do que de um simples posto fiscal e de "socorros urgentes". A mais estreita conjugação da sua atividade com as de natureza técnico-científica dos já tradicionais e consagrados institutos que compõem a Coordenadoria de Recursos Naturais constituirá um fator da mais alta relevância nessa nova conjuntura.

Conselho Editorial

ambiente mundial

Prof. Samuel Murgel Branco

OS AGROTÓXICOS E A DOCTRINA DE REAGAN

O número 176 da revista francesa "La Recherche" (abril de 1986) traz um importante trabalho de Mohamed L. Bouguerra, do Instituto Francês de Saúde e Pesquisa Médica e da Faculdade de Medicina de Tunis, a respeito do uso de praguicidas no Terceiro Mundo. Após afirmar, enfaticamente, que *hoje em dia os progressos da pesquisa científica, a utilização de métodos integrados de controle, a legislação e a ação dos ambientalistas já permitiram reduzir o impacto causado pelos praguicidas nos países industrializados*, assinala, melancolicamente, que nos países do Terceiro Mundo, entretanto, ocorre coisa diferente: o emprego desses produtos é cada vez maior, gerando uma espécie de círculo vicioso em que, sob a pressão do excesso de agroquímicos, as espécies nocivas se tornam resistentes, obrigando ao uso cada vez maior daqueles compostos.

Além disso, a destruição de espécies predadoras favorece o desenvolvimento de novas pragas e a persistência dos produtos tóxicos no solo e nos organismos vivos constitui uma grave e crescente ameaça ao frágil equilíbrio ecológico dos ambientes tropicais. Em virtude de uma política de dois pesos e duas medidas, "as regras que regulamentam o emprego de praguicidas no Terceiro Mundo e nos países industrializados não são as mesmas: as medidas de segurança postas em prática para proteger os manipuladores e o ecossistema dos países desenvolvidos não são aplicados ao Terceiro Mundo; os praguicidas mais perigosos aqui são despejados livremente não obstante serem rigorosamente regulamentados nos países que os exportam. A responsabilidade por essas práticas deve ser dividida entre os países exportadores, as grandes indústrias químicas e autoridades locais".

Segundo o articulista, foi o imperativo comercial que levou o presidente Reagan a revogar o decreto executivo nº 12.264, assinado por seu antecessor, J. Carter, em 1981, o qual obrigava os Estados Unidos a advertir os países compradores sobre os riscos envolvidos na aplicação de produtos cujo uso era proibido em território norte-

americano. Reagan, ao contrário, sustenta a doutrina de que "impor restrições às nossas importações leva a uma regulamentação onerosa tanto para o público quanto para o setor privado", concordando com o parecer do seu secretário do Comércio, Malcolm Baldrige, de que "as atuais restrições prejudicam as empresas americanas". Atualmente, a lei americana que regulamenta a fabricação e o uso de agrotóxicos estabelece, em seu artigo 17º: "A presente lei não se aplica a qualquer praguicida ou equipamento que seja produzido exclusivamente para exportação".

AMBIENTE ESPACIAL

The limits of manned space flight é o título de interessante estudo de W.M. de Campli, publicado no número de setembro/outubro de 1986 da revista da New York Academy of Sciences. De Campli é cirurgião da Stamford University Medical Center, Consultor da NASA e, entre outros títulos, possui um PhD em astrofísica, pela Universidade de Harvard. Sua preocupação principal manifestada nesse artigo é com as condições de sobrevivência e bem-estar físico dos cosmonautas que eventualmente venham a se aventurar a uma viagem ao planeta Marte, com uma duração aproximada de três longos anos e que constitui, já, uma "proposta concreta" dentro dos programas espaciais da União Soviética e dos Estados Unidos, a ser realizada aí pelo ano 2010.

No espaço, o organismo humano se acha exposto a uma série de problemas fisiológicos devidos, por exemplo, à falta de gravidade. A circulação sanguínea é completamente estruturada, no corpo humano, em função da ação gravitacional. Sensores especiais - barorreceptores - provocam continuamente alterações de funcionamento do sistema cardiovascular, evitando, por exemplo, a ausência de circulação cerebral quando se está de pé. Num corpo não sujeito à ação da gravidade, esses sistemas compensatórios continuam em atividade, provocando excesso de afluxo sanguíneo às regiões superiores do corpo, causando hemorragias nasais e inchamento da face. A elevação da pressão sanguínea nas partes superiores leva, por sua vez, a uma reação do corpo no sentido de reduzir os volumes de sangue circulante, através de eliminação

ambiente mundial

de água pelos rins. Astronautas que permanecem por muitos dias no espaço são obrigados a sujeitar-se, ao regressar, a prolongado processo de recuperação e normalização da atividade cardiovascular. Mas não se tem idéia sobre a capacidade de recuperação de uma pessoa que permaneça alguns anos em ambientes de microgravidade.

Mas não são apenas efeitos cardio-vasculares (e redução do próprio músculo cardíaco) que resultam da permanência prolongada no espaço. Alguns efeitos eram mesmo previstos, como por exemplo as náuseas provocadas pelo descontrolo do labirinto, ou órgão de equilíbrio, cujo funcionamento é baseado essencialmente na ação da gravidade sobre os otolitos (pedrinhas de cálcio que rolam de um lado para o outro, no interior do ouvido). Outros, mais sérios e duradouros, não eram tão esperados, como a rápida deterioração dos ossos causada pela eliminação de cálcio, por processo ainda desconhecido, através do sistema urinário. O aumento do cálcio na urina de astronautas do Skylab foi de 60% a 100%, o que corresponde a uma perda de 0,5% ao mês de cálcio pelo esqueleto. Ora, a perda de 20% a 25% do cálcio dos ossos pode torná-los muito frágeis, com sérias consequências, agravadas pelo fato de que fraturas ósseas não são soldadas corretamente em ausência de gravidade. Além disso, a eliminação de grandes quantidades de cálcio leva à formação de cálculos renais.

Finalmente, não é só a falta de gravidade que causa problemas. Há também o excesso de radiações, quando se sai da atmosfera terrestre. Protons constantemente emitidos pelo sol são, normalmente, filtrados pela atmosfera ou afastados por ação do campo magnético terrestre, de tal sorte que um habitante da Terra não recebe mais que 200 milirem de radiação por ano (o rem é uma unidade de efeito biológico das radiações - 600 rem é uma dose invariavelmente fatal). No espaço, a tripulação de uma astronave pode estar sujeita à ação de 100 milirem (ou seja, um décimo de rem) por dia, apesar dos invólucros protetores existentes no aparelho! A tudo isso deve ser somada ainda a dificuldade intransponível de atendimento médico-cirúrgico aos astronautas. Estatisticamente, em uma população de sete pessoas com idade de 30 a 55 anos é de se esperar, no período de três anos, a ocorrência de pelo menos um caso de doença exigindo hospitalização ou cirurgia. Apesar de todos os cuidados que, obviamente, são tomados com

relação ao estado de saúde prévio de cada tripulante, alguns estados patológicos são imprevisíveis, como doenças coronárias, nódulos cancerosos etc.

BANIMENTO DE HERBICIDAS PELA EPA

A revista "Science", em seu número de 24 de outubro de 1986 noticia a proibição de uso do herbicida "dinoreb" e a instituição de restrições ao uso do "alaclor", ambos largamente utilizados nos Estados Unidos e outros países, mas que demonstraram experimentalmente efeitos teratogênicos e produção de tumores em animais testados. As medidas foram adotadas em função de resultados de ensaios realizados em laboratórios da Hoechst, a conhecida indústria químico-farmacêutica sediada na Alemanha Ocidental.

De acordo com o relatório da EPA - Environmental Protection Agency, o "dinoreb" produziu *aumentos significativos, do ponto de vista biológico e estatístico, de informações... às dosagens mais altas testadas quando comparadas com o grupo controle*. Outros estudos determinados pela EPA demonstraram ainda efeitos do composto sobre a fertilidade de animais do sexo masculino, além de indicarem a possibilidade de afetar os olhos e o sistema imunizante de seres humanos. A principal forma de intoxicação ocorre por absorção através da pele ou inalação, e não por ingestão. O "dinoreb" é utilizado principalmente como herbicida de contato para ervas daninhas de folhas largas. Calcula-se que cerca de quatro a seis mil toneladas de herbicidas contendo "dinoreb" sejam aplicados anualmente só nos EUA, principalmente através de pulverizações terrestres ou por aviões, em plantações de soja, algodão, batatas, amendoim e alfafa. As perdas causadas pela suspensão da venda do produto são estimadas em US\$ 90 milhões no primeiro ano.

Quanto ao "alaclor", este é o herbicida mais amplamente empregado nos Estados Unidos. A EPA iniciou uma revisão a respeito dos efeitos toxicológicos do produto desde que os testes demonstraram a ocorrência de tumores em animais de laboratório. Se for necessário o banimento definitivo do "alaclor", a EPA estima que os prejuízos serão da ordem de US\$ 760 milhões.

IMPACTO AMBIENTAL DO PROCONVE

Eduardo M. Murgel¹

RESUMO - Neste trabalho é analisado o efeito do Proconve - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores nas emissões dos veículos leves a álcool e a gasolina, numa projeção feita até 1999 para a Região Metropolitana de São Paulo. Foram calculadas as estimativas de emissão, na atmosfera, de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO_x) esperadas com a aplicação do Proconve e comparadas com o estimado no caso de não entrar em vigor essa legislação. Foi estimada uma eficácia de 63% na redução da emissão de CO, 50% de HC e 35% de NO_x para 1999, mostrando claramente o benefício que esse programa trará às grandes cidades brasileiras.

ABSTRACT - This paper analyses the effect of the Proconve - Air Pollution Control Program for Automotive Vehicles on the light duty vehicles emissions (gasoline and ethanol), on a projected basis until 1999 in the São Paulo Metropolitan Area. The atmospheric emissions were estimated for carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC) and Nitrogen Oxides (NO_x) expected with the Proconve enforcement, compared to the uncontrolled case. The estimated gains were 63% for the CO reduction, 50% for HC and 35% for NO_x in 1999, which clearly shows the program benefits to the Brazilian population centers.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o objetivo de avaliar o efeito do Proconve - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores nas emissões de poluentes por veículos leves na RMSP - Região Metropolitana de São Paulo. O Proconve foi criado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente em maio de 1986, com a finalidade de reduzir a emissão de poluentes pelo escapamento de veículos automotores com motor do ciclo Otto (álcool e gasolina) e Diesel, e emissões evaporativas.

Segundo Branco (1985), as emissões de escapamentos de veículos leves foram responsáveis por 84% do monóxido de carbono (CO), 41% dos hidrocarbonetos (HC) e 18% dos óxidos de nitrogênio (NO_x) emitidos em 1981 na RMSP. Nota-se, dessa forma, a grande influência dos veículos leves nos índices de poluição do ar. O presente trabalho foi realizado na tentativa de se prever, por modelagem matemática, a carga de poluentes emitida pelo escapamento de veículos leves na RMSP nos próximos 15 anos, com e sem aplicação do Proconve, e dessa forma se avaliar o benefício que o programa trará, no futuro, quanto às emissões de escapamento de veículos leves na RMSP.

A metodologia aplicada é a mesma utilizada por Murgel et alii (1986), em relatório preliminar que constitui parte substancial deste trabalho.

Diante da diversidade de possibilidades de evolução da frota de veículos no futuro, foram feitas estimativas da emissão de poluentes por veículos leves para cada ano, desde 1984 até 1999, com base em diversas hipóteses de crescimento industrial e de volume de produção de veículos a álcool e gasolina, as quais foram admitidas como os limites prováveis para esses parâmetros, em função de dados históricos e perspectivas do país.

METODOLOGIA DE CÁLCULO

A metodologia de cálculo adotada nesse trabalho é similar à utilizada pela EPA - Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos, e considera que a emissão total de um determinado poluente atmosférico por veículos automotores, numa determinada data, é a somatória da emissão desse poluente pelos veículos que compõem a frota circulante nesta data. Por questões de avanços tecnológicos, introdução de novos modelos etc., os veículos da frota circulante são agrupados de acordo com o ano-modelo. Para efeito de cálculo, são considerados: a quilometragem média anual de cada ano-modelo, a emissão média do poluente em questão, denominada fator de emissão (FE), o número de veículos da frota circulante, bem como a deterioração do motor em função do uso, a qual é denominada fator de deterioração (FD), a qual altera substancialmente o fator de emissão.

Para este trabalho considerou-se que os poluentes de interesse são o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), emitidos pelo tubo de escapamento dos veículos automotores leves. É importante observar que o que chamamos, por convenção, neste trabalho, de hidrocarbonetos, significa na realidade a parcela de combustível não queimado, ou parcialmente queimado, e que pode se constituir de hidrocarbonetos, alcoóis, aldeídos, cetonas e outros compostos. A frota circulante é representada pelos veículos licenciados na RMSP e o estudo considera o período compreendido entre 1984 e 1999.

¹Engenheiro da CETESB

Emissão de cada ano-modelo

A emissão de um poluente de cada ano-modelo é calculada multiplicando-se a frota atualizada para um certo ano pela quilometragem anual média para veículos daquela idade e pelo fator de emissão (g/km) do ano-modelo corrigido para o ano em questão, em função da degradação do veículo. O resultado é expresso em t/ano, posteriormente convertido em t/dia.

Define-se como frota atualizada a frota circulante de um determinado ano-modelo, em dezembro de um dado ano. Essa frota é representada pelo número dos veículos do ano-modelo que entram em circulação, multiplicado por um fator de retirada, que é função de idade dos veículos.

A frota atualizada até o ano de 1984 é aquela admitida como a real, segundo números obtidos na publicação do GEIPOT (1984). Para anos-modelo de 1985 a 1999, a frota que entraria em circulação é aquela comercializada no ano anterior, acrescida da taxa de crescimento industrial da hipótese considerada.

O fator de emissão para os anos-modelo anteriores a 1985 é a média dos valores obtidos no Laboratório de Emissões Veiculares da CETESB, ponderada conforme a participação de cada marca na frota.

Para os modelos posteriores a 1985, o fator de emissão adotado é 60% do limite de emissão permitido pelo Proconve, tendo em vista que esta é a margem de segurança usualmente adotada pelos fabricantes de veículos ou, na hipótese da não aplicação do Proconve, os fatores de emissão são considerados constantes de 1985 até 1999.

Os fatores de emissão assim calculados são válidos para veículos novos. Para os veículos com idade superior a um ano, considera-se um aumento de emissão de CO e HC, em função da deterioração do motor.

Os fatores de deterioração utilizados, apresentados mais adiante, foram extraídos do estudo da EPA (1981).

A quilometragem média anual de um veículo também é função da sua idade, visto que em geral os veículos mais novos e confiáveis são utilizados nos casos em que há necessidade de uso mais intenso. Assim, para cada ano-modelo, atribui-se um valor de quilometragem média anual, fruto de pesquisas realizadas em São Paulo, que por sua vez são similares aos valores norte-americanos.

Emissão total

Em pesquisa realizada pela CETESB, em 1982, verificou-se que a vida média de uma frota de determinado ano-modelo é de cerca de 11 anos, e sua vida total chega a 22 anos. Portanto, para se estimar a emissão total de cada poluente (CO, HC e NO_x) em um determinado ano, considera-se os 11 anos-modelo anteriores e ainda os veículos com mais de 11 anos de idade. Todos englobados em uma só classe, considerada como sendo composta por veículos com os mesmos fatores de emissão atribuídos aos veículos de 12 anos.

Embora isto possa trazer uma diminuição artificial nos resultados, esta é muito pequena. A emissão total é, então, dada pela soma dos 12 resultados parciais obtidos para cada ano-modelo.

Eficácia do Proconve

Como poderá ser visto nos resultados, o crescimento industrial e a relação entre a produção de veículos a álcool e a gasolina exercem influência importantíssima sobre o total de emissões. Isso dificulta a avaliação sobre a eficácia do programa em si, descontados os efeitos dos demais parâmetros, que independem do controle de poluição e das inovações tecnológicas necessárias para isso.

Assim, a eficácia definida a seguir mede o índice de mérito das inovações tecnológicas necessárias ao cumprimento da proposta de controle.

Conforme já descrito, foi calculada a previsão de emissão de CO, HC e NO_x para cada ano, desde 1984 até 1999. Isso foi feito considerando-se a manutenção dos fatores de emissão atuais, o que representa uma previsão de emissão de poluentes sem controle para os modelos a partir de 1985. Calculou-se, da mesma maneira, a previsão de emissão, aplicando-se os fatores de emissão decorrentes da aplicação do Proconve. A eficácia do Proconve é definida pela seguinte expressão:

$$E_f (\%) = 100 \cdot \frac{E_m (\text{Proconve})}{E_m (\text{sem controle})} \times 100$$

onde: E_m (Proconve) = previsão de emissão total de poluentes num dado ano, com a entrada em vigor do Proconve.

onde: E_m (sem controle) = previsão de emissão total de poluentes no mesmo ano, caso se mantenham os fatores de emissão médios atuais.

Calculada desta forma, a eficácia representa a **redução percentual da emissão** de cada poluente em determinado ano, devido à aplicação do Proconve em relação ao que aconteceria se fossem mantidas as demais hipóteses e os fatores de emissão atuais.

PARÂMETROS-BASE

Os parâmetros-base utilizados nos cálculos de emissão de CO, HC e NO_x estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Fator de emissão

Para os veículos fabricados de 1973 a 1985, foram adotados os fatores de emissão constantes da Tabela 3 expressos em g/km. Esses valores são válidos para motores novos, devendo ser aplicados sobre eles os fatores de deterioração descritos a seguir.

TABELA 1 - Distribuição da quilometragem média rodada por faixa etária

idade (anos)	km média(anual)	idade (anos)	km média(anual)
1	22.000	7	14.000
2	19.000	8	13.000
3	17.000	9	13.000
4	15.000	10	13.000
5	14.000	11	10.000
6	14.000	mais que 12	9.000

Fonte: Branco (1980)

TABELA 2 - Taxa de retirada de veículos por faixa etária

ano	% de retirada	ano	% de retirada
1	0,2	12	70,0
2	0,5	13	72,0
3	1,0	14	73,5
4	2,0	15	75,0
5	3,5	16	76,0
6	8,0	17	77,0
7	15,0	18	79,0
8	32,0	19	81,5
9	48,5	20	86,0
10	60,0	21	92,0
11	67,0	22	100,0

Fonte: Branco (1980)

Obs.: O percentual de retirada é sempre aplicado ao total da frota no ano de sua comercialização.

TABELA 3 - Fatores de emissão

Ano-modelo	CO	HC ⁽¹⁾	NO _x
de 1973 a 1979	54	4,7	1,5
de 1980 a 1985 (a gasolina)	33	3	1,4
de 1980 a 1985 (a álcool)	18	1	1

Fonte: Branco (1980)

¹Pesquisas recentes ainda em andamento mostram que a leitura dos "HC" (etano e outros componentes orgânicos) emitidos pelo motor a álcool são subestimados, devendo ser multiplicados por um fator, a ser confirmado, provavelmente entre 2 e 3,5.

Fatores de deterioração

Para os veículos fabricados a partir de 1977 inclusive, utilizaram-se os fatores de deterioração calculados para os modelos 1968/69 dos Estados Unidos, ou seja:

$$FDCO = \frac{56.34 + 2.55 y}{56.34}$$

$$FDHC = \frac{4.43 + 0.25 y}{4.43}$$

Para os veículos a gasolina anteriores a 1977, utilizaram-se os fatores de deterioração para os modelos pré-1968 dos Estados Unidos:

$$FDCO = \frac{78.27 + 2.5 y}{78.27}$$

$$FDHC = \frac{7.25 + 0.18 y}{7.25}$$

Para todas as equações, $y = \frac{\text{quilometragem acumulada}}{1.61 \times 10\ 000}$

Para a emissão do NO_x , considerou-se não haver deterioração ao longo do tempo, conforme indicado na literatura consultada. Para CO e HC, o fator de emissão FE para uma determinada quilometragem é dado por:

$$FE = FE_{\text{(inicial)}} \times FD$$

HIPÓTESE DE PREVISÃO DA FROTA

A fim de se obter um estudo abrangente, foram adotadas diversas hipóteses de crescimento da frota de veículos leves e da proporção de veículos a álcool e a gasolina comercializados.

A hipótese denominada "A" prevê um crescimento de vendas de 6% ao ano, ou seja, o número de veículos vendidos em um ano é 6% maior que o do ano anterior. Esse número foi escolhido por representar o crescimento industrial atual e, também, a meta dos próximos anos. A participação dos veículos a álcool, segundo essa hipótese, manteria o valor atual de 95% sobre o total das vendas no ano, conforme a Figura 1.

A hipótese B considera uma redução do crescimento industrial, baixando para 1% ao ano, mas mantendo-se a participação dos veículos a álcool em 95%, de acordo com a Figura 2.

As hipóteses C e D, com crescimento industrial de 6% e 1% ao ano, respectivamente, supõem que a partir de 1988 a participação dos veículos a álcool, no total de vendas, passe de 95% para 50%, conforme as Figuras 3 e 4.

A hipótese E é a menos conservadora de todas, prevendo um crescimento industrial de 10% e mantendo-se a proporção de 95% de veículos a álcool, conforme a Figura 5.

Devido ao sucateamento de veículos, conforme a Tabela 2, ao se estimar a frota futura, segundo as hipóteses anteriormente citadas, verificou-se em certos casos uma diminuição do total de veículos em circulação. Como o sucateamento é fortemente dependente da comercialização nos anos passados, admitiu-se que num período de crise não houvesse propriamente uma diminuição da frota, mas sim um aumento da vida média dos veículos,

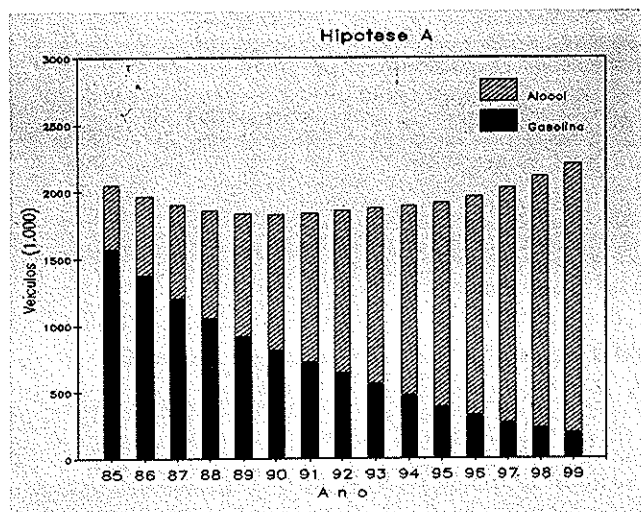


FIGURA 1 - Estimativa de frota - hipótese A

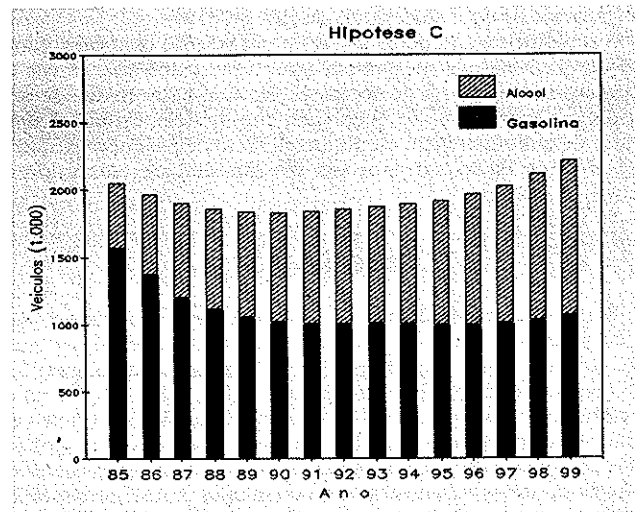


FIGURA 3 - Estimativa de frota - hipótese C

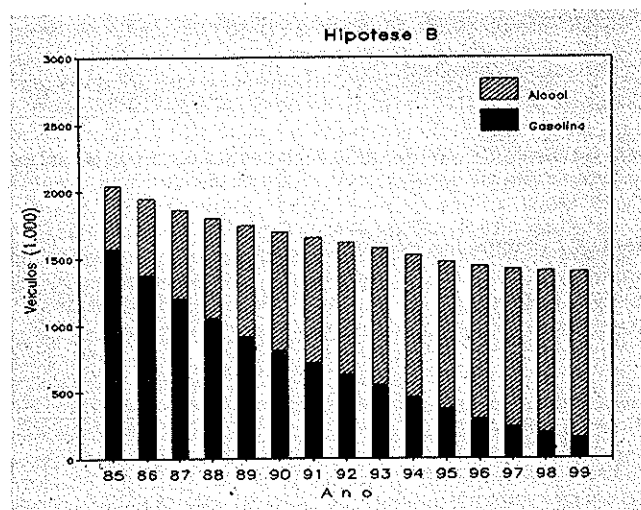


FIGURA 2 - Estimativa de frota - hipótese B

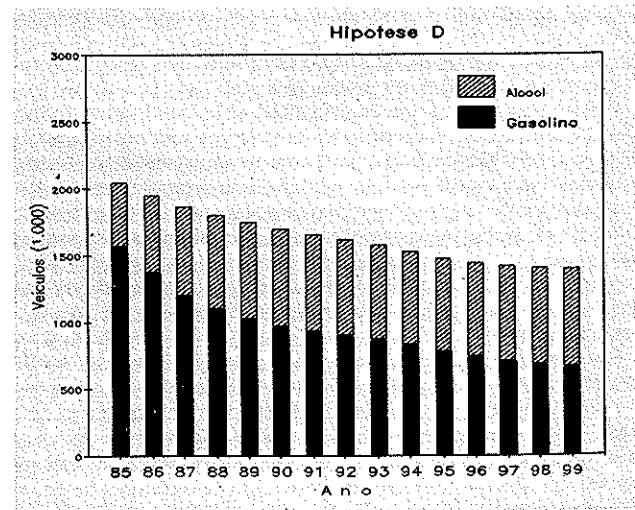


FIGURA 4 - Estimativa de frota - hipótese D

adiando o seu sucateamento para depois da crise. Por isso, levantaram-se novas hipóteses, denominadas A', B', C', D' e E', semelhantes às anteriores, porém limitando o número de veículos retirados de circulação em um determinado ano ao número total de veículos novos vendidos naquele ano. Nos anos em que isto ocorreu, este corte foi distribuído proporcionalmente por todos os anos-modelo. Ver figuras 6, 7, 8, 9 e 10.

Em resumo, foram estudadas as hipóteses constantes da Tabela 4.

TABELA 4 - Hipóteses estudadas

hipótese	crescimento de vendas (%)	veic. a álcool/veic. a gasolina (%)	admite (ou não) diminuição da frota
A	6	95	sim
B	1	95	sim
C	6	95 até 1987, 50 a partir de 1988	sim
D	1	95 até 1987, 50 a partir de 1988	sim
E	10	95	sim
A'	6	95	não
B'	1	95	não
C'	6	95 até 1987, 50 a partir de 1988	não
D'	1	95 até 1987, 50 a partir de 1988	não
E'	10	95	não

O PROCONVE

Para os veículos leves com motor do ciclo Otto, o Proconve regulamenta os seguintes limites para os fatores de emissão:

- Para as novas configurações de veículos lançadas a partir de 1º de junho de 1988 (considerou-se, para efeito de cálculo, como 25% da frota de veículos ano-modelo 1988):

CO ≤ 24 g/km
 HC ≤ 2,1 g/km
 NO_x ≤ 2 g/km

- A partir de 1º de janeiro de 1989, para uma relação de veículos que representam cerca de 50% da produção total:

CO ≤ 24 g/km
 HC ≤ 2,1 g/km
 NO_x ≤ 2 g/km

- Todos os veículos leves a partir de 1º de janeiro de 1990:

CO ≤ 24 g/km
 HC ≤ 2,1 g/km
 NO_x ≤ 2 g/km

- Todos os veículos leves a partir de 1º de janeiro de 1992:

CO ≤ 12 g/km
 HC ≤ 1,2 g/km
 NO_x ≤ 1,4 g/km

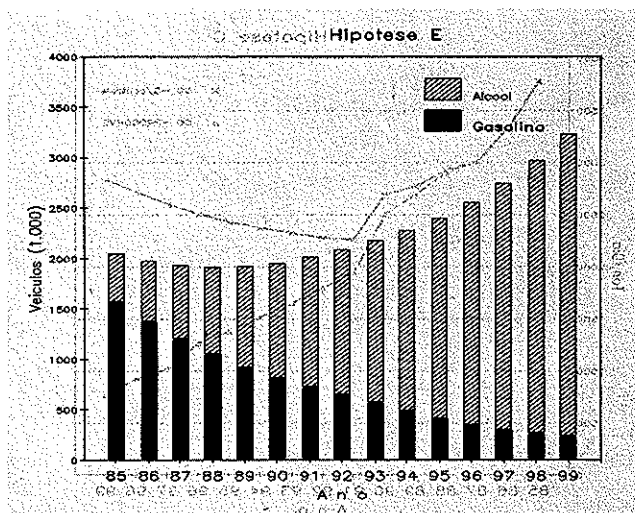


FIGURA 5 - Estimativa de frota - hipótese E

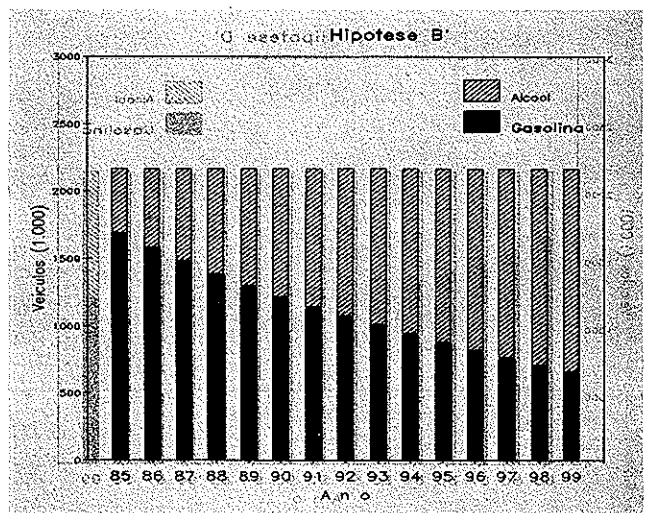


FIGURA 7 - Estimativa de frota - hipótese B

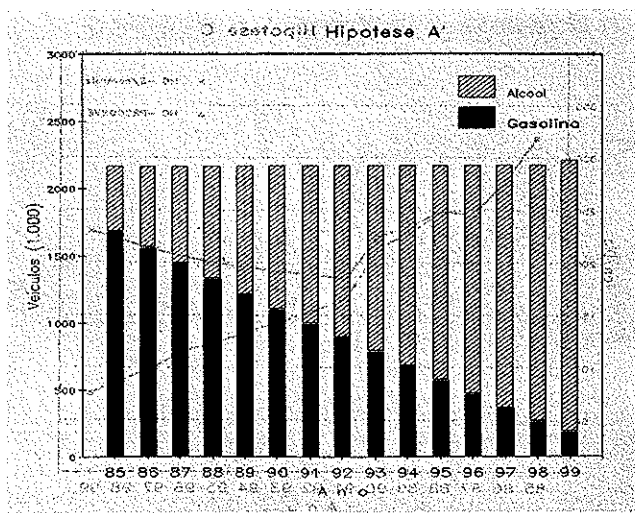


FIGURA 6 - Estimativa de frota - hipótese A

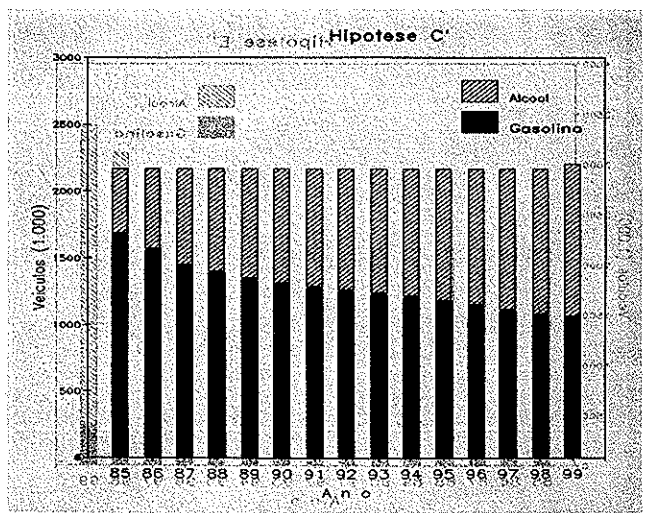


FIGURA 8 - Estimativa de frota - hipótese C

TABELA 5 - Estimativa de emissão - veículos leves

Hipótese C: Crescimento da produção : 6%
 Relação álcool/gasolina : 95% : até 1.987
 50% : 1988 em diante
 Aceita dimin.da frota? : SIM

Proposta: PROCONVE

Ano	Frota			Emissão (T/Dia)						Eficácia (%)		
	milhares de veículos			sem controle			proposta			proposta		
	Gas.	Alc.	Tot.	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x	CO	HC	HC _x
84	1797	374	2171	4301	366	110	4301	366	110	0	0	0
85	1568	485	2053	3775	318	99	3775	318	99	0	0	0
86	1371	599	1970	3335	277	91	3335	277	91	0	0	0
87	1197	710	1907	3007	245	86	3007	245	86	0	0	0
88	1113	753	1866	2924	249	84	2898	247	84	.89	.80	0
89	1050	791	1841	2769	234	82	2691	228	82	2.8	2.6	0
90	1015	819	1834	2686	225	82	2500	213	82	6.9	5.3	0
91	1002	839	1841	2239	185	82	1946	165	82	13.	11.	0
92	1002	857	1859	2275	188	84	1792	154	80	21.	18.	4.8
93	1004	875	1879	2322	191	86	1652	144	79	29.	25.	8.1
94	999	897	1896	2373	195	89	1513	134	78	36.	31.	12.
95	991	930	1921	2427	199	91	1378	124	77	43.	38.	15.
96	993	975	1968	2503	205	95	1267	116	77	49.	43.	19.
97	1004	1028	2032	2597	212	99	1024	101	71	58.	52.	28.
98	1028	1088	2116	2709	221	104	925	88	65	66.	60.	38.
99	1061	1151	2212	2834	230	109	771	76	61	73.	67.	44.

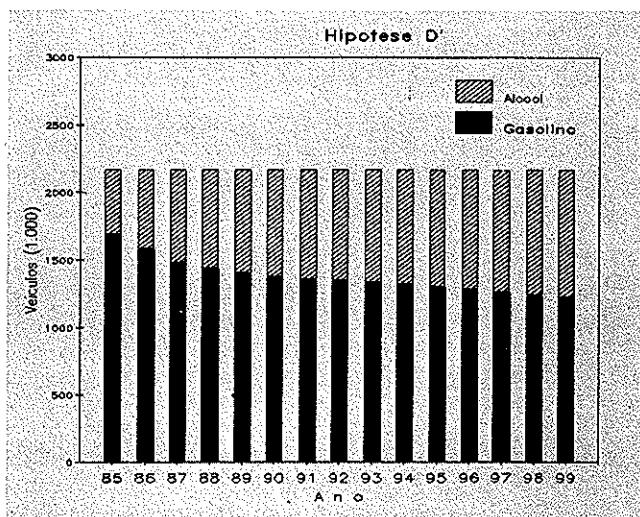


FIGURA 9 - Estimativa de frota - hipótese D'

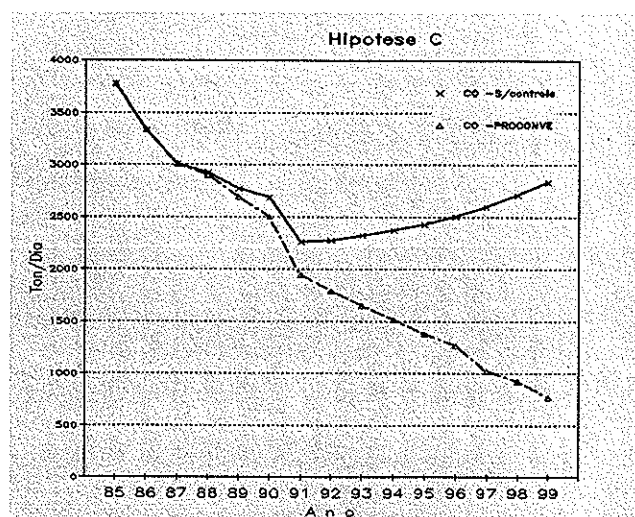


FIGURA 11 - Emissão de CO - hipótese C

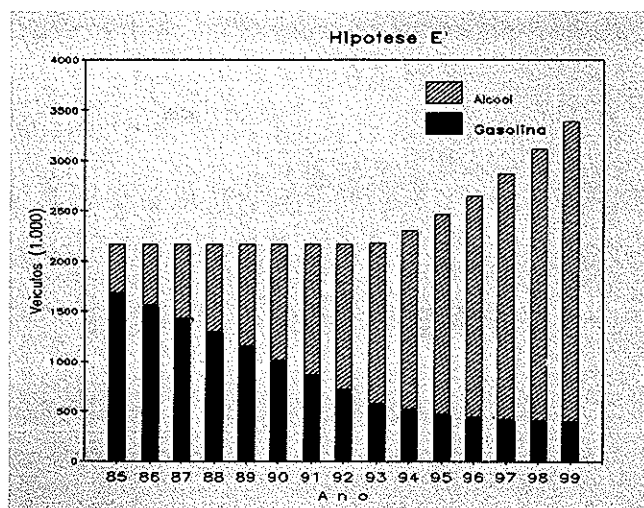


FIGURA 10 - Estimativa de frota - hipótese E'

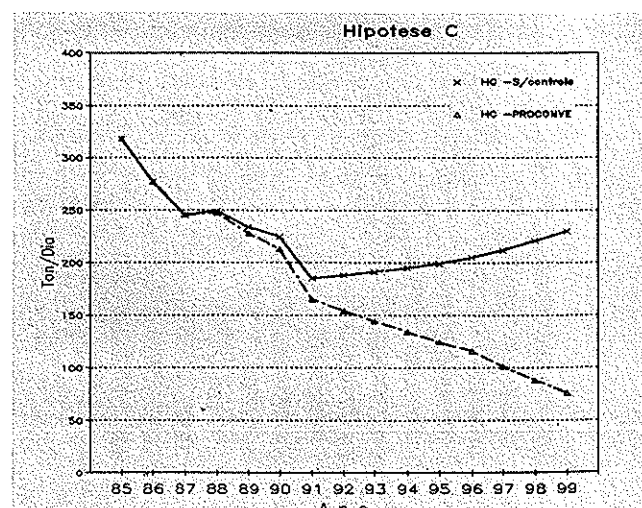


FIGURA 12 - Emissão de HC - hipótese C

TABELA 6 - Estimativa de emissão - veículos leves

Hipótese B': Crescimento da produção : 1%
 Relação álcool/gasolina : 95%
 Aceita dimin.da frota? : NÃO
 Proposta: PROCONVE

Ano	Frota			Emissão (T/Dia)						Eficácia (%)		
	milhares de veículos			sem controle			proposta			proposta		
	Gas.	Alc.	Tot.	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x
84	1797	374	2171	4301	366	110	4301	366	110	0	0	0
85	1689	482	2171	4040	342	105	4040	342	105	0	0	0
86	1583	588	2171	3786	317	100	3786	317	100	0	0	0
87	1481	690	2171	3578	297	97	3578	297	97	0	0	0
88	1385	786	2171	3521	304	94	3512	305	94	.26	-.3	0
89	1294	877	2171	3328	284	91	3304	284	92	.72	0	-.1
90	1212	959	2171	3189	268	89	3133	270	91	1.8	-.7	-.2
91	1139	1032	2171	2409	197	85	2324	200	88	3.5	-.2	-.4
92	1071	1100	2171	2358	190	84	2187	190	86	7.3	0	-.2
93	1006	1165	2171	2314	184	83	2064	181	83	11.	1.6	0
94	941	1230	2171	2279	179	83	1954	173	82	14.	3.4	1.2
95	877	1294	2171	2247	174	82	1851	165	80	18.	5.2	2.4
96	817	1354	2171	2216	169	82	1754	158	79	21.	6.5	3.7
97	760	1411	2171	2188	165	82	1610	146	73	26.	12.	11.
98	708	1463	2171	2162	161	81	1477	135	69	32.	16.	15.
99	659	1512	2171	2137	157	81	1246	116	64	42.	26.	21.

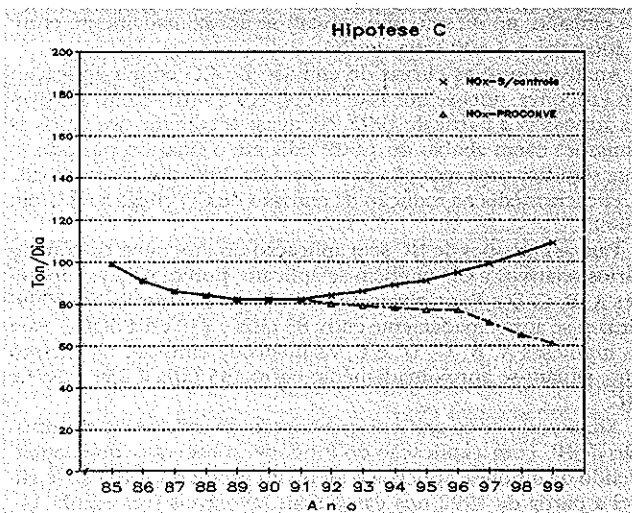


FIGURA 13 - Emissão de NO_x - hipótese C

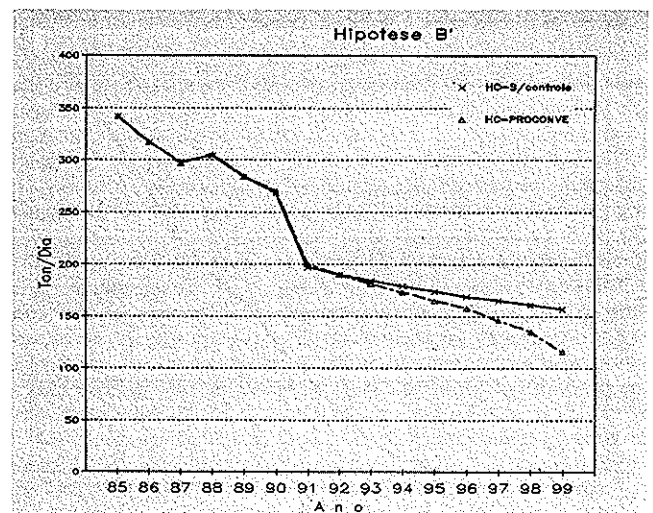


FIGURA 15 - Emissão de HC - hipótese B'

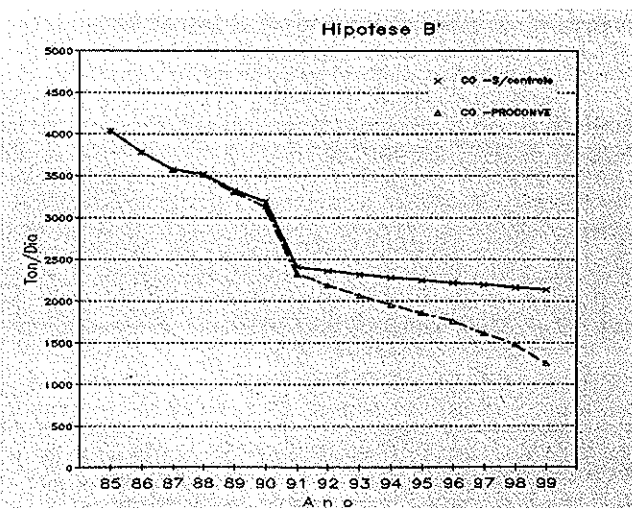


FIGURA 14 - Emissão de CO - hipótese B'

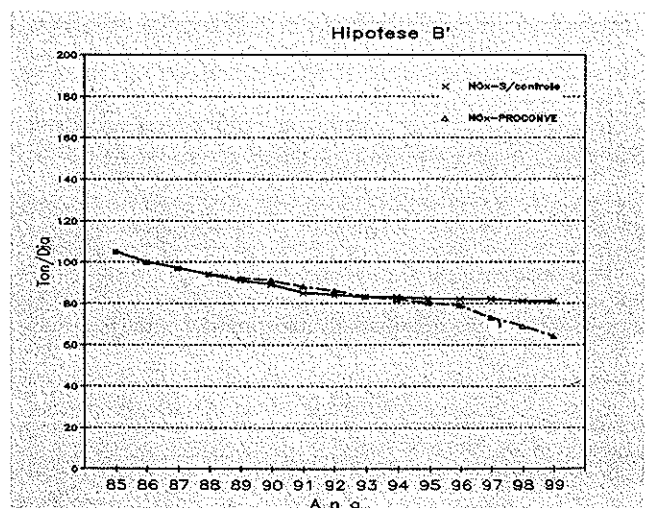


FIGURA 16 - Emissão de NO_x - hipótese B'

• Todos os veículos leves a partir de 1º de janeiro de 1997:

CO - 2 g/km

HC - 0,3 g/km

NO_x - 0,6 g/km

RESULTADOS

Aplicando-se a metodologia já descrita para cada uma das hipóteses de crescimento da frota relacionadas, foram elaboradas dez tabelas de resultados.

Cada tabela mostra, para uma hipótese de crescimento da frota, a estimativa das frotas a álcool e a gasolina até 1999, as projeções de emissão com e sem a aplicação do Proconve, e a eficácia deste.

As Tabelas 5 e 6 mostram os resultados das hipóteses C e B', que representam, respectivamente, os casos em que foram observadas a máxima e a mínima eficácia. Nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 estão representadas as estimativas de emissão correspondentes.

EFICÁCIA MÉDIA

Foi calculada a eficácia do Proconve, conforme já descrito, até 1999, para cada uma das dez hipóteses de crescimento de frota. Como os valores variam muito de um caso para outro, foi calculada a média aritmética das eficácias obtidas para cada hipótese. Dessa forma, pode-se obter uma avaliação menos sensível às influências externas, ou seja, às variações de mercado, chegando-se, finalmente, a uma boa base de comparação entre as emissões veiculares em consequência do Proconve, e aquelas que ocorreriam caso não entrasse em vigor essa legislação.

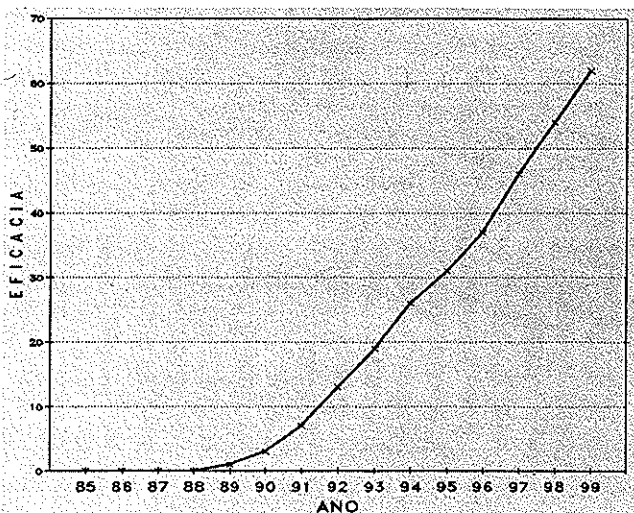


FIGURA 17 - Eficácia média (%) - CO

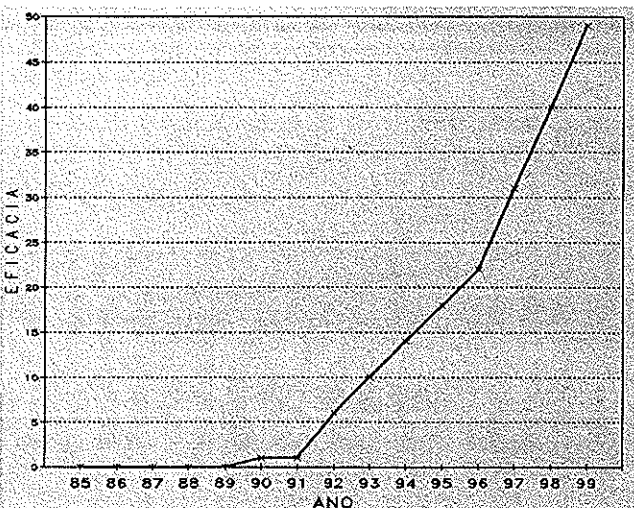


FIGURA 18 - Eficácia média (%) - HC

Nas figuras 17, 18 e 19 são apresentados os gráficos de eficácia média de CO, HC e NO_x no período de 1985 até 1999.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observando-se as figuras que ilustram as diversas hipóteses de evolução da frota (de nº 1 a nº 10, nota-se uma clara tendência de crescimento da frota de veículos a álcool e de diminuição da frota de veículos a gasolina.

O comportamento da frota total apresenta tendências de crescimento, redução ou constância em função das hipóteses de crescimento industrial considerados, bem como da influência do sucateamento dos veículos em função de sua idade.

Considera-se relevante o fato de que nas hipóteses em que os veículos a álcool representam 95% da frota comercializada, a frota de veículos a álcool se tornaria dominante ao redor de 1990, ou seja, passaria a representar mais de 50% da frota de veículos leves. Mesmo em caso de mudança na atual tendência do mercado de vendas, ou seja, uma proporção de 50% para veículos a gasolina e a álcool a partir de 1988 (hipótese C, D, C' e D'), a frota de veículos a álcool torna-se dominante, com exceção da hipótese D', ao redor de 1997.

Observando-se os resultados obtidos, nota-se que as estimativas de emissão de CO sem a aplicação do Proconve, até 1990, reduzem-se bastante, e independem da hipótese de crescimento da frota aplicada. Somente a partir de 1991 é que passa a haver uma sensível diferença nas emissões de CO. Tal fato vem demonstrar que o fator dominante no processo é o crescimento da frota de veículos a álcool em contraposição à redução da frota de veículos a gasolina, conforme já mencionado.

Para as hipóteses A, B, C, D e E, os níveis de emissão sem controle em 1999 se situam aproximadamente entre 1.300 t/dia e 3.200 t/dia de CO. Para as hipóteses A', B', C', D' e E', os níveis de emissão, no mesmo ano, situam-se aproximadamente entre 2.100 t/dia e 3.400 t/dia de CO.

Analisando-se as curvas de emissão de CO com a aplicação do Proconve, nota-se que este só começa a surtir efeito sensível na atmosfera a partir de 1992. Na quase totalidade dos casos as emissões caem abaixo de 1.000 t/dia até o final do período, o que significa uma redução para cerca de 25% dos níveis atuais. A eficácia média na redução da emissão de CO chega a 63% em 1999.

Para as emissões de HC sem aplicação do Proconve, os comentários relativos a CO também se aplicam, porém para as hipóteses A, B, C, D e E, os níveis de emissão sem controle, em 1999, situam-se aproximadamente entre 85 t/dia e 230 t/dia de HC. Para as hipóteses A', B', C', D' e E', os níveis de emissão, no mesmo ano, situam-se aproximadamente entre 135 t/dia e 230 t/dia de HC.

Analisando-se os gráficos que contêm as estimativas de emissão de HC com a aplicação do Proconve, observa-se que dependendo da hipótese aplicada o efeito do programa torna-se sensível a partir de 1992 nos casos mais favoráveis (ver Figura 11), até 1997 nos piores casos (ver Figura 14). Até 1999, em praticamente todos os casos a emissão de HC cai abaixo de 100 t/dia, o que representa 27% do nível de emissão atual. Ao final do pe-

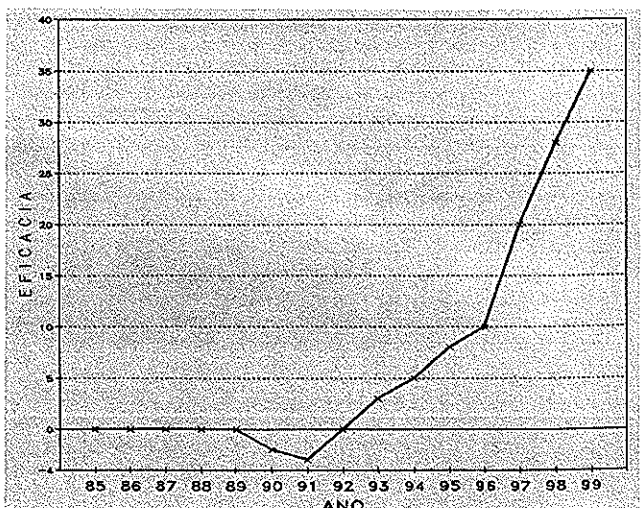


FIGURA 19 - Eficácia média (%) - NO_x

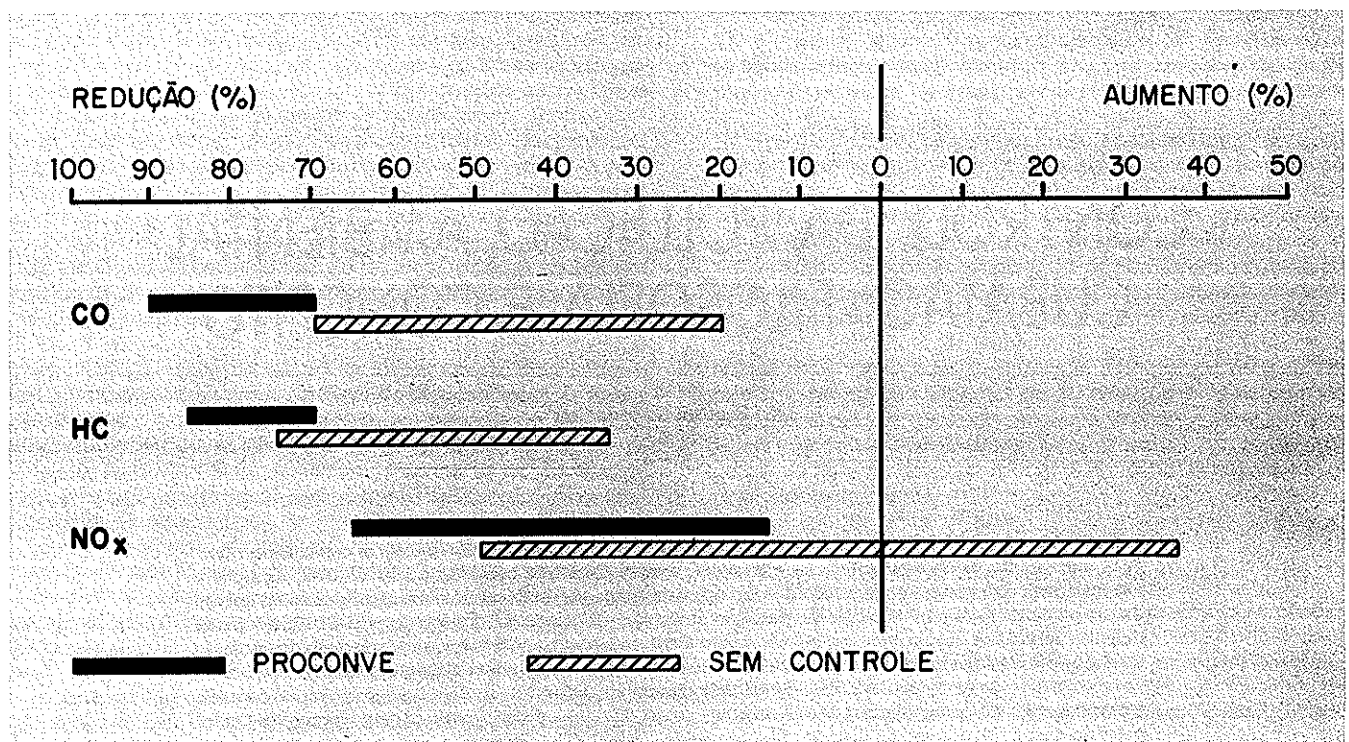


FIGURA 20 - Faixas de estimativa de redução de emissões para 1999

ríodo analisado a eficácia média atinge 50%.

A emissão de NO_x sem aplicação do Proconve, como observado nos casos de CO e HC, reduz até 1991, porém de forma menos acentuada, indicando portanto menor influência da substituição da frota movida a gasolina pela movida a álcool na emissão total de NO_x. Os comentários sobre CO e HC aplicam-se também a este caso, a partir de 1991, ou seja, desde esta data tornam-se sensíveis as diferenças, devidas às diversas hipóteses nas emissões de NO_x.

Para as hipóteses A, B, C, D e E, os níveis de emissão sem controle, em 1999, situam-se aproximadamente entre 55 t/dia e 140 t/dia de NO_x. Para as hipóteses A', B', C', D' e E', os níveis de emissão, no mesmo ano, situam-se aproximadamente entre 70 t/dia e 150 t/dia de NO_x.

Com a aplicação do Proconve em todas as hipóteses, a emissão de NO_x é levemente superior à estimada para a situação sem controle nos anos de 1990 e 1991, e nesse período a eficácia média é negativa. A partir daí torna-se nítido o efeito do Proconve na redução das emissões de NO_x: em 1999 estas encontram-se entre 40 e 60 t/dia exceto para as hipóteses E e E', o que significa emissões entre 35 e 55% dos níveis atuais. Ao final do período analisado, a eficácia média atinge 35%.

CONCLUSÕES

Dentro do contexto deste estudo, pode-se concluir que nas condições mais favoráveis de evolução da frota a álcool, esta deverá passar a representar mais de 50% da frota de veículos leves, ao redor de 1990. Prevê-se, também, que somente a partir de 1992 será sensível o efeito do Proconve da RMSP.

Até 1999 estima-se uma redução de 70 a 90% do nível atual de emissões de CO na atmosfera da RMSP, de 70 a 85% das emissões de HC e de 15 a 65% das emissões de NO_x, dependendo da hipótese de crescimento de frota. As faixas de estimativa de redução das emissões para 1999 podem ser observadas na Figura 20.

Sem a aplicação do Proconve estima-se, até 1999, dependendo da hipótese de crescimento de frota, uma redução de 20 a 70% da emissão de CO; de 35 a 75% da emissão de HC e de um aumento de 35% até uma redução de 50% da emissão de NO_x. A redução das emissões observada deve-se à substituição dos motores a gasolina pelos movidos a álcool, e cessa tão logo esses passem a ser a maioria (ver Figura 20).

Em comparação com os níveis de emissão esperados caso não fosse implantada a legislação, calculou-se para 1999 uma eficácia média de 63% na redução de CO, 50% na de HC e 35% na de NO_x.

COMENTÁRIOS FINAIS

Segundo análises feitas neste trabalho, observou-se que as emissões de gases poluentes pelo escapamento de veículos leves na Região Metropolitana de São Paulo serão significativamente reduzidas a médio prazo. As demais grandes cidades brasileiras também serão beneficiadas de forma equivalente.

O estudo baseou-se em dados reais de frota fornecidos pelo Geipot para 1984, e a partir daí aplicaram-se as hipóteses para crescimento de frota já descritas, que representavam a expectativa de vendas de veículos no princípio deste ano. Entretanto, no primeiro semestre de 1986 a Anfavea - Associação Nacional dos Veículos Automotores, registrou um aumento de 43% na produção de veículos leves em relação ao primeiro semestre de 1985. Esse aumento da produção automobilística certamente modificará a estimativa de emissões. Assim, a eficácia do Proconve será maior nesse caso.

De qualquer modo, seja qual for o desenvolvimento futuro da frota de veículos leves, com certeza o Proconve trará grande benefícios à qualidade do ar nas grandes cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

- 1- ANFAVEA - Boletim mensal n° 02 - julho/1986.
- 2- BRANCO, Gabriel M. (1980) - "Determinação dos Parâmetros Médios Principais de Tráfego Urbano relacionados à Emissões Veiculares, na RMSP" - CETESB.
- 3- BRANCO, Gabriel M. (1985) - "A participação dos Veículos Automotores na Poluição Atmosférica" - 22 págs. - CETESB.
- 4- CETESB - "Programa de Controle de Poluição do Ar e Estratégias no Brasil - Áreas de São Paulo e Cubatão" - junho/1986 - 79 págs.
- 5- CETESB - "Inventário de Emissões Veiculares para 1984".
- 6- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - "Resolução n° 18/86" Diário Oficial da União - 17/06/1986 - pág. 8.792.
- 7- GEIPOT (1985) - "Frota de Veículos de 1984 - São Paulo/Estado, Região Metropolitana e Capital".
- 8- MURGEL, Eduardo M., BRANCO, Gabriel M., SZWARC Alfred - (1986) - "Avaliação das Propostas de Controle de Emissão de Gás de Escapamento de Veículos Automotores Leves" - 125 págs. - CETESB.
- 9- EPA (1981) - "Mobile Source Emission Factors".

CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL: CUBATÃO, FILOSOFIA E CONCEITO

João Baptista Galvão Filho¹

RESUMO - O problema ambiental de Cubatão, sinônimo de poluição, contaminação, capitalismo selvagem, anencefalia, doenças respiratórias e tragédia, sempre foi muito comentado a nível local, nacional e internacional, sem entretanto ter recebido uma resposta adequada quanto à implantação e desenvolvimento de um plano de ação para controle de poluição ambiental. Tal plano foi deflagrado pela CETESB a partir de julho de 1983. A ausência de um planejamento territorial, associado à baixa autodepuração dos poluentes naquela área, só mereceu uma saída: a utilização de técnicos competentes e altamente motivados; objetivos e atribuição de responsabilidades e autoridade claramente definidos; apoio técnico às ações de controle e envolvimento da comunidade e da indústria; e - acima de tudo - decisão política de governo. Resultado: prevê-se para 1988 a compatibilização das atividades "trabalhar" e "residir".

ABSTRACT - The environmental problem in Cubatão, synonym of pollution, contamination, vicious capitalism, anencephaly, respiratory diseases and tragedy has always been very much discussed at local, national and international levels without being suitably solved as regards the implementation and development of a program to control environmental pollution triggered off by CETESB on July 1983. The lack of a land planning associated with the poor self-purification of pollutants in that area led to only one answer: to make use of qualified and highly interested experts; clearly defined objectives and assignment of responsibilities and authority; technical support to the control actions, involving the community and the industries; and - above all - the political decision of the Government. Result: it is possible to predict for 1988 the compatibility of the activities "to work" and "to dwell".

INTRODUÇÃO

As causas que tornaram famoso internacionalmente o município de Cubatão, localizado a 57 km da capital paulista e a apenas alguns minutos de um dos mais importantes portos da América do Sul, o de Santos (Figura 1), infelizmente estão menos ligadas à sua importância como centro gerador de empregos e riquezas e mais à poluição. Muitas explicações já foram dadas para o "fenômeno Cubatão". Entre as mais correntes e aceitas está a inadequação da área para dar guarida a um pólo de tamanhas dimensões e complexidade. São 23 complexos industriais, com 111 fábricas e mais de 300 fontes principais de poluição do ar, da água e do solo, localizados em uma estreita faixa de terra firme, circundada pelo mar e pelas escarpas da Serra do Mar.

O ambiente físico, sua topografia e condições ambientais denunciam o erro da decisão, como também explicitam o modelo de desenvolvimento adotado que, se não privilegiou o planejamento como instrumento para o crescimento, também não adotou uma matriz de proteção ambiental que antecipasse e propusesse medidas eficazes para as alterações ecológicas que viriam a acontecer. Tudo em nome do desenvolvimento, aqui vivenciado muito mais como crescimento econômico.

Por décadas, as implacáveis e constantes emissões líquidas e gasosas de indústrias químicas, petroquímicas, emissões de uma gigantesca siderúrgica e de quase uma dezena de indústrias de fertilizantes - apenas para ficar nas mais importantes e significativas pelo seu potencial poluidor -, confirmaram que os recur-

¹Engenheiro Químico, de Segurança do Trabalho, Sanitarista, Mestre em Ciências de Engenharia Ambiental. Atualmente Assessor de Meio Ambiente da Superintendência do Conglomerado Ripasa, trabalhou na CETESB durante 17 anos, onde desenvolveu e gerenciou o Plano de Controle da Poluição Ambiental de Cubatão.



FIGURA 1 - Localização de Cubatão.

tos naturais se esgotam e são saturáveis. A contaminação ambiental levou vários ecossistemas à morte e as ações do ser humano transformaram a dinâmica da vida nesse importante centro industrial paulista. A morte veio também através de outras tantas consequências do modelo desenvolvimentista e exportador adotado. A miséria da população e os baixos salários, por exemplo, impuseram espaços totalmente inadequados à moradia. As pessoas passaram a morar, ou pelo menos tentaram, nas escarpas dos morros que compõem o maciço rochoso da Serra do Mar, em vilas nascidas no interior do caldeirão da poluição (Vila Parisi, localizada na bacia do vale do rio Mogi, onde se encontram indústrias do tipo siderúrgica, química, de fertilizantes e de minerais não metálicos, conhecida como um dos bairros mais poluídos do mundo, principalmente no que diz respeito a material particulado, lançado na atmosfera local), em palafitas sobre o mangue devastado, ou em casebres de madeira sobre as linhas de oleodutos - que trazem à memória a tragédia de Vila Socó (incêndio ocorrido no bairro Vila de São José, popularmente conhecido como Vila Socó, quando do vazamento de gasolina de uma tubulação da Petrobrás, que vitimou oficialmente quase uma centena de pessoas).

Cubatão, sinônimo de poluição, contaminação, capitalismo selvagem, anencefalia, doenças respiratórias, tragédia. Cubatão, tema para estudos, pesquisas, reportagens, investigações de delegações ambientalistas dos quatro cantos do mundo. Notoriedade alcançada nos planos estadual, nacional e internacional, que legou ao Brasil a paternidade de um filho "anormal" e pouco desejado.

Diante do fato consumado, resta lamentar o esquecimento de que a capacidade de autodepuração dos recursos naturais é finita e, no caso de Cubatão, muito pequena. Para que isso não ocorresse, teriam sido necessárias ações preventivas extremamente cuidadosas. O exemplo de Cubatão ensinou também que, quando não são tomadas essas medidas, passam a ser extremamente dispendiosas as ações de caráter corretivo, emergenciais, necessárias para compatibilizar o pólo industrial com a condição de "controlado ambientalmente".

Um pouco dessa história será relatada neste artigo: a implantação e desenvolvimento do "Plano de Ação para Controle da Poluição Ambiental de Cubatão", deflagrado pelo governo do Estado de São Paulo, através da CETESB, a partir de julho de 1983. Um Plano que se revestiu de uma metodologia de controle ambiental até então inédita no País.

Para enfrentar o grande desafio foram consideradas a dimensão e complexidade do problema, bem como a necessidade de uma ação multidisciplinar envolvendo todas as áreas da instituição. A comunidade científica, empresarial, técnica, o poder público, a classe política e a população foram considerados, ouvidos e convocados a participar. A transparência das ações a serem desenvolvidas foi também um traço necessário a marcar as ações de controle. Afinal, muito já se falara em controlar a poluição de Cubatão, sem sucesso porém. Informar a todos, tudo quanto houvesse em relação a Cubatão e à questão ambiental, foi uma prática necessária.

A FILOSOFIA DO PLANO DE CONTROLE

A ação desenvolvida na região de Cubatão começou pela mobilização das inúmeras áreas da CETESB. Reuniões e discussões foram feitas até o estabelecimento de um consenso que resultou no "Plano de Ação para Controle da Poluição Ambiental de Cubatão", subdividido em três projetos: de Controle da Poluição; de Apoio Técnico (pesquisas e estudos que forneceriam o instrumental necessário para as ações de controle); de Educação Ambiental e Participação Comunitária, voltado principalmente para as lideranças políticas (partidos, sindicatos, sociedades amigos, escolas e igrejas).

A implantação de cada um dos projetos custou pelo menos um ano de trabalho intenso, sempre acompanhado de um clima de desconfiança por parte da opinião pública. A metodologia adotada, porém, exigia todo um trabalho de retaguarda, de fundamentação, onde o levantamento da situação e as intervenções deveriam ser os mais corretos possíveis.

Assim, o Projeto de Controle teve seu início com um levantamento industrial que cadastrou um total de mais de 300 fontes de poluição do ar, água e solo. Para cada uma delas, com cada empresa envolvida, foi realizada uma discussão técnica, apontando o sistema e tecnologia a serem adotados para cessar as emissões e efeitos de cada agente poluidor. Estabelecidos os cronogramas, iniciadas as compras, obras e testes, cada uma das fon-

tes foi monitorada trimestralmente pelas equipes técnicas da CETESB. Esses resultados foram comunicados, em reuniões onde os públicos interessados eram convidados a conhecer, através de projeções de slides, os avanços observados na Ação de Controle.

Os procedimentos para os outros dois projetos também seguiram a metodologia de diagnóstico e ação ordenada, visando ao apoio para as ações de controle. Estudos foram realizados para verificar quais seriam os poluentes a merecerem prazos menores devido à sua ação sobre os ecossistemas e população.

No plano da educação ambiental e da participação comunitária, foram consultadas as lideranças políticas da cidade, dos bairros, organizadas palestras, elaborados folhetos visando a iniciar um processo de educação ambiental e de participação da comunidade nas decisões relativas à questão. Isso porque, além de enfrentar o problema ambiental em si, criado pela instalação do pólo industrial sem qualquer preocupação com o meio ambiente, era preciso também enfrentar a desinformação da comunidade e a sua consequente manipulação, tão danosas quanto o próprio problema em si.

ESTRATÉGIAS E TÁTICAS

A ação de controle da poluição se fez necessária nas emissões provenientes do processo produtivo e de queima de combustível, porque os poluentes primários podem produzir dois resultados no desenvolvimento de efeitos adversos sobre a saúde da população e sobre os ecossistemas. Um, na sua forma original, quando lançado no ambiente, e outro em forma secundária, ou seja, após a ocorrência de reações físico-químicas quando em contato com elementos existentes na natureza ou outros agentes químicos presentes no ambiente. E o controle da poluição pressupõe dois itens principais a considerar: o estratégico e o tático.

MEDIDAS ESTRATÉGICAS

Este item visa à redução dos níveis de poluição a longo prazo, tanto a nível local quanto a nível global. No caso, as metas para a melhoria da qualidade do ar (um dos principais problemas ambientais de Cubatão), são de dez, 15 e até 20 anos. Para tanto, estão estabelecidos planos de controle adequados. Cabe ressaltar que podem existir estratégias regionais que visem à obtenção de resultados aos níveis local e urbano, estratégias estaduais para a obtenção da redução de poluentes em um Estado, ou uma estratégia nacional que aponte ações para todo o País. Estratégias de nível internacional, que necessitem de planos globais e continentais, infelizmente ainda não foram desenvolvidas.

No caso de Cubatão, a estratégia adotada foi a regional, apesar de se saber que as emissões atmosféricas atingiam parcelas dos municípios do ABC paulista e de Santos, na Baixada Santista. No caso, seria necessária a adoção de uma estratégia inter-regional e estadual que demandaria estudos de, no mínimo, três a quatro anos, o que não atenderia às necessidades, a cada dia mais prementes de Cubatão.

Por outro lado, técnicos e cientistas internacionais estiveram em Cubatão a convite das indústrias locais e, diante do diagnóstico já realizado, recomendaram estudos que envolviam técnicas e equipamentos sofisticados até mesmo para os países mais desenvolvidos do mundo. Dessa forma, com base na experiência prática de técnicas da própria CETESB, bem como no estudo de outras partes do mundo, percebia-se a necessidade de uma ação imediata e objetiva. Pode-se concluir que uma **estratégia de controle de poluição ambiental** é uma medida ou combinação de medidas selecionadas para se conseguir a redução da taxa de emissão de poluentes, de forma que seja atingido e mantido um padrão de qualidade ambiental. Para a obtenção de um plano racional e factível, deve-se levar em conta as dificuldades tecnológicas, os custos sociais e econômicos e o quadro político que permeia e envolve todas as decisões.

O desenvolvimento da estratégia de controle para Cubatão mostrou quais deveriam ser as prioridades a serem atacadas, qual deveria ser a forma para a aplicação segura da legislação disponível, bem como qual deveria ser a dimensão da estrutura organizacional que envolveria os profissionais da linha de frente (engenheiros e técnicos de controle) e ainda as equipes de apoio em São Paulo e Santos.

Foram seis as variáveis básicas utilizadas para a aplicação da estratégia de controle:

1) **Qualidade ambiental existente** - Foi produzido um compêndio com as avaliações existentes e determinada a necessidade de se realizar outras melhores, que possibilitassem um bom acompanhamento do programa desencadeado.

2) **Níveis de emissões existentes** - Montado um programa de medições dos efluentes gasosos, líquidos e sólidos, obteve-se o necessário inventário de fontes de emissões. Embora no princípio o levantamento estivesse comprometido qualitativamente, no decorrer do Plano, com a participação de uma consultoria internacional e elaboração de um trabalho através do Modelo Receptor - moderna tecnologia para indicar a origem dos poluentes e sua contribuição para a poluição total de uma região -, novas e preciosas informações foram obtidas. Foram também estabelecidas as metas de redução a serem atingidas para cada um dos poluentes, dentro de um prazo tecnicamente executável.

3) **Padrões de qualidade ambiental a serem atingidos** - No caso da poluição do ar, ficou decidido que o material particulado seria o poluente prioritário a ser controlado na região de Vila Parisi e os oxidantes fotoquímicos e odores, provenientes da indústria petroquímica, na região central de Cubatão. No decorrer do Plano foram realizadas algumas correções de rota, em função dos deslizamentos da Serra do Mar, no vale do rio Mogi principalmente. Estudos realizados sobre a morte da vegetação indicaram que os particulados contaminados com fluoretos provenientes das indústrias de fertilizantes eram os principais responsáveis. Foram reduzidos os prazos para os cronogramas de controle das fontes emissoras desses agentes fitotóxicos.

4) **Grau necessário de redução das emissões** - Apesar de não se ter, no início do Plano, todas as correlações entre a fonte emissora e os receptores (correlação obtida posteriormente com o Modelo Receptor), a dimensão emergencial da situação podia ser observada através de parâmetros ambientais que mostravam a saturação da região, pela simples aparência visual desses lançamentos poluidores, com efeitos perceptíveis quase que imediatamente. Exemplos: as espessas plumas (colunas de fumaça) de poluentes atmosféricos; a baixa altitude das inversões térmicas, períodos de calmaria com a quase ausência de ventos, substituídos por rajadas, situações que de um modo ou de outro atingiam a população dos bairros próximos, principalmente da siderúrgica e das indústrias de fertilizantes; alta concentração de poluentes detectados pelas estações medidoras da rede telemétrica da CETESB; vazamento de amônia durante os processamentos industriais e os descontroles operacionais na refinaria com emissões de compostos de enxofre.

5) **Estabelecimento dos padrões de emissão e/ou desempenho** - Em função da tecnologia de controle disponível no País, ou de fácil acesso no Exterior, foram definidos padrões de emissão para cada fonte poluidora, e negociado o cronograma de implantação com cada uma das empresas, para cada fonte de poluição. Esses padrões foram, no caso de Cubatão, mais rígidos do que os existentes e amplamente amparados pela legislação ambiental, em virtude das condições de saturação ambiental encontradas na cidade.

6) **Enquadramento legal das empresas com exigências de planos de controle e respectivos cronogramas** - Além do conhecimento das fontes poluidoras, através de um cadastro minuciosamente elaborado, a estratégia de controle precisa definir o poluente a ser controlado prioritariamente, bem como quando a ação deverá estar finalizada. No caso de Cubatão, o prazo estabelecido e considerado adequado, devido às variáveis tecnológicas, econômicas e sociais, foi de seis anos. A variável política, entretanto, especificou um prazo de quatro anos, a partir da aprovação do Plano de Controle, como o adequado para se atingir as metas propostas. Ou seja, março de 88, prazo prorrogado posteriormente para meados do segundo semestre do mesmo ano. É importante destacar que em áreas semelhantes a Cubatão, em outras partes do mundo, os planos de controle ambiental foram efetivamente implantados em períodos de dez a 12 anos, a partir da decisão de se controlar a poluição.

MEDIDAS TÁTICAS

Enquanto o Plano de Controle não era concluído, fazia-se necessária, sem paralisar o Pólo Industrial de Cubatão, a adoção de medidas de curto prazo, sazonais, ou ainda chamadas de táticas. Estas medidas implicariam programar, antes de um episódio crítico ambiental, um cenário de manobras táticas a serem desencadeadas ao primeiro sinal de algum grave risco para a saúde

da população. Muitos desastres deixaram de ocorrer em Cubatão devido a estas ações da CETESB, que serão abordadas no próximo item.

Mesmo em caráter emergencial, face ao pouco tempo disponível para o equacionamento do problema ambiental de Cubatão, foram desenvolvidos mecanismos que lastrearam a CETESB na obtenção da estratégia de controle e táticas para os episódios críticos de poluição. Isso foi possível devido ao conhecimento e inter-relacionamento dos processos produtivos, fontes poluidoras, poluentes emitidos, sua autodepuração, a química da atmosfera e da água, principalmente do poluente no recurso natural, qualidade ambiental e efeitos sobre o homem, fauna e flora.

A ESTRATÉGIA DE CONTROLE ESCOLHIDA

Existem várias estratégias para o controle da poluição do ar, recurso natural considerado como prioritário pelo Plano de Controle, embora as fontes de poluição da água e do solo também tenham recebido os mesmos cuidados das equipes técnicas da CETESB. Afinal, em tudo há uma relação, e o controle não seria totalmente eficaz se as ações se restringissem a apenas um aspecto da poluição ambiental.

A primeira estratégia de controle é a administração da qualidade do ar. Ela é diferenciada de outras pelo fato de se basear no desenvolvimento de critérios e promulgação de padrões de qualidade do ar. Esta estratégia é aplicada nos Estados Unidos.

A segunda principal estratégia é a do padrão de emissão, ou a da melhor tecnologia prática disponível. Neste caso, trata-se de um padrão de emissão desenvolvido e promulgado analisando-se caso a caso, em função da melhor tecnologia disponível existente no mercado nacional e até internacional, sua aplicabilidade na fonte poluidora em estudo e também em função de variáveis psicossociais e econômicas. Esta é a estratégia adotada na Inglaterra e França.

Uma terceira estratégia é a da taxa usada como penalidade em função do tipo e quantidade de poluentes emitidos. Ela é normalmente utilizada em complemento aos padrões de qualidade e é usada pela Checoslováquia, Hungria, Japão, Holanda e Noruega.

A quarta estratégia procura analisar a relação custo/benefícios e não foi adotada integralmente por nenhum país. Está presente nos estudos de impactos ambientais, metodologia que começa a dar os primeiros passos em nosso País.

Na situação de Cubatão foi adotada, com objetivos de curto prazo, a estratégia da melhor tecnologia prática disponível. A longo prazo, a meta é atender à estratégia da administração da qualidade do ar. Para tanto, serão necessários e inadiáveis os estudos completos da influência ambiental das regiões adjacentes como a Grande São Paulo, municípios do ABC paulista e a Baixada Santista.

Indiretamente, a terceira estratégia foi parcialmente utilizada através do critério de penalidade, aplicado em Cubatão, onde a firma poluidora que não se adequasse ao plano de controle negociado estaria sujeita a pesadas multas e ainda correria o risco de não obter a necessária licença de funcionamento para as instalações implantadas antes da vigência do Decreto Estadual nº 8.468, de 8 setembro de 1976, regulamentador da Lei Estadual nº 997, que dispõe sobre a proteção ambiental.

A CETESB COMO ÓRGÃO DE CONTROLE

A organização e os elementos necessários para a implantação de um programa de controle da poluição ambiental devem estar baseados em exigências que precisam ser satisfeitas, de forma a atingir os objetivos de qualidade ambiental pretendidos. No caso de Cubatão, o conhecimento dessas exigências se tornou fundamental, principalmente pela necessidade de se desencadear a ação de controle de forma imediata, mesmo não existindo um amplo diagnóstico científico da extensão do problema ambiental, embora se conhecessem a tecnologia de controle ambiental disponível e os efeitos de alguns poluentes lá existentes sobre a saúde e a vegetação. Como está comprovado, ficaram evidentes os danos causados pelos fluoretos sobre a vegetação da Serra do Mar.

Para que se obtivesse uma efetiva ação de proteção ambiental, era necessário conseguir da Instituição de Controle, a CETESB: pessoal competente e altamente motivado; objetivos claramente

te definidos, associados a responsabilidades funcionais; explicitar as atribuições de responsabilidade e autoridade; e apoio técnico adequado à ação de controle.

Apesar de muitas dificuldades, o atendimento a esses quatro itens propiciou o desencadeamento de ações corretivas dentro do tempo disponível e o adequado enfrentamento do "lobby" industrial nas questões ambientais, possibilitando também a prestação de informações exatas para as várias facções políticas e opinião pública de um modo geral, como contrapartida daquelas veiculadas principalmente através da imprensa, não só local mas também internacional, e nem sempre totalmente corretas.

O PROFISSIONAL DE CONTROLE

Apesar de ser fundamental a participação das áreas tidas como de apoio ao Plano de Controle da Poluição, o aspecto profissional para o técnico de controle assumiu, no caso de Cubatão, uma importância ímpar. Mesmo não possuindo um regulamento de lei com todos os padrões de emissão e de condicionamento de projetos suficientemente claros, no caso de Cubatão, os profissionais de controle buscaram e obtiveram para cada tipo de fonte poluidora, em cada indústria, uma negociação suficiente para o atingimento dos objetivos estabelecidos pela estratégia de controle.

O perfil desse profissional deve ser bastante abrangente e alguns atributos são imprescindíveis:

- ser preferencialmente engenheiro;
- possuir maturidade para lidar com o público de forma eficiente e ser excelente negociador com o poder econômico. É bom que se diga que ambas as ações ocorrem em condições de pressão de trabalho muito forte e de alta responsabilidade;
- possuir habilidade de investigar, de forma a juntar fatos e informações e organizar tais elementos de maneira concisa;
- possuir conhecimento suficiente em ciências físicas e químicas, bem como habilidade na comunicação da tecnologia de controle ambiental;
- possuir o potencial de desencadear ações legais de enquadramento, caso o industrial, após as devidas negociações, não se sujeite ao controle;
- ter condições de participar com lealdade e altruísmo dentro de grupo de técnicos; e
- participar em ações emergenciais ambientais com firmeza, técnica, coragem e rapidez.

METODOLOGIA

A metodologia básica utilizada no Plano de Controle de Poluição Ambiental de Cubatão obedeceu aos seguintes parâmetros:

- completo conhecimento qualitativo e quantitativo das fontes poluidoras e do seu impacto nos usos dos recursos naturais de Cubatão;
- negociação do Plano de Controle com o representante de cada indústria, tendo como ferramentas básicas a necessidade de controle para a indústria e para a comunidade, e a ausência de licenças de funcionamento. Esta licença será fornecida após a completa regularização ambiental de todas as fontes de poluição da empresa;
- implantação de sistemas de controle para as fontes poluidoras do ar, água e solo e revisão dos sistemas de controle já instalados e com funcionamento precário;
- implantação de um plano de operação e manutenção para os sistemas e equipamentos de controle instalados; e
- implantação de um plano que contivesse análise, caracterização e minimização de riscos ao meio ambiente.

BENEFÍCIOS

O resultado mais importante dentro do programa de controle de poluição ambiental de Cubatão é o fato de todas as indústrias da região terem passado de uma posição inicialmente defensiva, enfrentando as exigências de controle, para uma outra forma de ver a realidade, seguramente mais positiva. Essa mudança se operou principalmente a partir do diagnóstico que a equipe

técnica da CETESB realizou em cada fonte de poluição, que antecedeu as negociações dos planos de controle. Dessa forma, foi possível viabilizar o futuro das indústrias, mesmo com a adoção de conceitos rígidos de controle da poluição, como o "conceito bolha" - segundo o qual não é permitida a implantação de novos estabelecimentos ou a alteração de processos produtivos que resultem em acréscimos nas emissões, enquanto não estiver cessada a ação deletéria das fontes inventariadas.

Foi possível também implantar um Plano de Ação de Emergência, ou "Operação Inverno", tido inicialmente como possível, mas que na prática materializou o funcionamento normal das indústrias até que os seus planos de controle venham a ser totalmente implantados. O Plano, aliás, trouxe outro benefício social: reduziu drasticamente a exposição a altas concentrações de poluentes a que estavam sujeitas as populações dos bairros operários próximos ao Pólo Industrial de Piaçaguera e que, como já mencionado, sofriam com as altas concentrações de material particulado.

Foram, portanto, as medidas e ações tomadas diuturnamente pelos técnicos da CETESB, durante os períodos de inverno - quando as condições de dispersão dos poluentes são particularmente agravadas na região de Vila Parisi - que impediram que os graves episódios críticos de poluição adquirissem conotações mais tristes e dramáticas.

No futuro, é inevitável que todos os sistemas produtivos e ambientais sejam automatizados, operados e mantidos de forma a evitar as ações corretivas e traumatizantes que a população tem vivido (aqui, volta à memória o trágico acidente de "Vila Socó"). Contudo, é preciso destacar que a partir do Plano de Controle da Poluição Ambiental de Cubatão foi iniciada pelo saudoso Fernando Araújo Guimarães, a elaboração de um plano de análise e controle de riscos ambientais, quase ao mesmo tempo em que ocorria em países desenvolvidos como o Japão e Estados Unidos.

Cubatão veio também provar a toda a comunidade nacional e internacional que é possível, através de uma ação conjunta do Governo e da Indústria, atender às necessidades e anseios da população que sofre com os problemas ambientais. Serve também de exemplo para que não se repitam outras Cubatões em todo o território brasileiro, e que é preciso "cortar o mal pela raiz", provendo as áreas em desenvolvimento com o necessário planejamento territorial, coisa ainda praticamente inédita em nosso País.

Finalmente, é preciso ressaltar que Cubatão somente poderá se desenvolver ainda mais do ponto de vista econômico se todas as medidas ambientais necessárias forem tomadas de maneira prioritária. Entre elas, destaca-se a implantação de sistemas de avaliação ambiental para todas as fontes poluidoras. As informações obtidas devem ser comparadas àquelas existentes no Sistema Telemétrico de monitoramento da qualidade do ar e das condições atmosféricas de dispersão. Isso viabilizará a procura da ligação entre fontes emissoras e receptoras. Com estas medidas tornar-se-ão definitivamente compatíveis, na região de Cubatão, as condições de "trabalhar" e as de "residir"

REFERÊNCIAS

- 1- CETESB - Plano de Ação para Controle da Poluição Ambiental em Cubatão (GCPAI) - São Paulo, 1983.
- 2- CETESB - Desenvolvimento Ambiental Regional do Estado de São Paulo - Programa de Controle da Poluição em Cubatão (GCPA-I) - São Paulo, 1984.
- 3- CETESB - Pastas Técnicas das Indústrias - Divisão de Cubatão - 1983/84/85.
- 4- CETESB - Relatórios sobre a Reestruturação das Ações de Controle em Cubatão - (GCPA-I) São Paulo, 1985.
- 5- Dois anos de Controle da Poluição Ambiental em Cubatão - 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Maceió - Alagoas, 1985.
- 6- CETESB - Controle da Poluição Ambiental em Cubatão, Resultados - Julho de 1983 a Janeiro de 1987 - São Paulo - 1987.

IN MEMORIAM

À memória de Fernando Araújo Guimarães, amigo e mestre de tantos de nós, especialista em combate à poluição do ar, primeiro Coordenador do Plano de Controle da Poluição Ambiental de Cubatão, criado pela CETESB a partir da decisão do Governo do Estado de São Paulo.

AÇÃO PREVENTIVA DE PLANEJAMENTO, UMA PROPOSTA

Lúcio Gregori¹

RESUMO - O artigo destaca a importância da chamada ação preventiva de planejamento, que é conceituada logo no início. São colocadas idéias, reflexões nas quais o autor se fundamenta, em particular a importância da homogeneização econômica do Brasil e do Estado de São Paulo, como elemento básico para os trabalhos em planejamento. A seguir o autor descreve um projeto no qual se buscou uma aplicação das idéias e reflexões colocadas na parte introdutória. O leitor que desejar maiores detalhes deverá procurá-los no projeto que foi editado pela CETESB.

ABSTRACT - The article highlights the importance of the so called preventive planning action which is defined as the starting point. The main ideas and reflections in which based the author, mainly the importance of the evergrowing homogenization of Brazilian economy, are shown as fundamental issues to be considered in planning activities. In the next step the author describes a project in which the application of the above mentioned ideas and reflections was attempted. The reader interested in further details is recommended to examine the project itself, edited by CETESB.

INTRODUÇÃO

O equilíbrio entre as atividades humanas e o meio ambiente físico-natural parece ser o objetivo central do que se poderia denominar "a questão ambiental". O equilíbrio pretendido passa por pelo menos duas diferentes situações: a de corrigir um desequilíbrio provocado pelas forças da natureza (terremotos, maremotos, enchentes etc.) ou pelas atividades humanas; ou a de intervir na natureza e estabelecer-se as atividades humanas de modo a evitar desequilíbrios futuros. No jargão dos especialistas, estas ações são denominadas, respectivamente, de corretivas e preventivas.

Convém desde já apontar que, mesmo nas ações preventivas, podem ser distinguidas duas espécies nitidamente diferentes. Ao colocar, por exemplo, equipamentos de remoção de poeira, de tratamento de águas residuais, ou impedir a utilização de certos agroquímicos, está-se tratando de uma ação preventiva. Mas ao se discriminar *onde* e *com que intensidade* é permitida uma atividade, ela mesma - a ação preventiva - é de outra espécie que a anterior. A primeira se denomina de ação preventiva de controle, e a outra de ação preventiva de planejamento.

Na primeira espécie há uma série de pressupostos implícitos que a distinguem da segunda, mas interessa destacar aqui a que se refere à tomada de decisão sobre *onde* se implantarão as atividades. Na ação preventiva de controle, o conhecimento, aná-

lise e eventuais ações relativas aos elementos ou fatores que levaram a uma determinada atividade estar localizada aqui ou acolá são irrelevantes, pois trata-se de verificar e atuar no sentido de se atingir um equilíbrio a partir da atividade. Mesmo no caso da análise prévia - que pode culminar na negativa de instalação da atividade -, não estão em jogo os processos mais complexos, econômicos, sociais e políticos que ajudem a compreender *porque* a atividade pretende localizar-se naquele ponto do território.

Pode-se dizer melhor que, mesmo quando alguns desses fatores são conhecidos, eles serão tomados como elementos periféricos na análise, e não como matéria de conhecimento relevante às formas de atuação do que se denomina ação preventiva de controle. Falha dessa espécie de ação? Não: falha devida à quase inexistência da ação preventiva de planejamento. Pretende-se pois, neste artigo, desenvolver algumas idéias relativas a esta ação que auxiliem o conhecimento e o desenvolvimento dessa espécie de ação.

É fundamental que se esclareça o campo com o qual se estará lidando. Trata-se de um país continental com enormes diferenças geográficas, climáticas, geológicas, morfológicas etc. Numa palavra, um país com aspectos físicos naturais muito diferentes ao longo de seu território. Mas este país, variado em tais aspectos, apresenta grau elevadíssimo de homogeneidade no que diz respeito à organização econômica. Trata-se, e isto para *todo* seu território, de uma economia de mercado, ou, mais precisamente, de uma economia capitalista (ainda que em diferentes níveis em seus setores agrícola, industrial e de serviços). Este dado é fundamental para se verificar, agora, as possibilidades da ação preventiva de planejamento.

¹Engenheiro da CETESB

Um país com tal grau de homogeneidade tem como consequência todo um desdobramento social, cultural e tecnológico, que guarda um elevado grau de correlação com a base econômica. Assim, a apropriação dos recursos naturais e o meio ambiente construído resultante são determinados pela base econômica. E é esta base, no caso do país capitalista, que evidencia os parâmetros pelos quais o meio ambiente é social e culturalmente entendido e apreendido. Esta homogeneidade, determinada pela base econômica, leva a considerá-la como a atividade humana absolutamente relevante para os estudos da ação preventiva de planejamento.

Ao se tratar do Estado de São Paulo, reforçam-se as características da homogeneidade e respectivos desdobramentos antes apontados. Ao se lidar, portanto, com a ação preventiva de planejamento, trabalha-se com estes aspectos todos e qualquer trabalho nesse terreno precisa levá-los em conta. Caso contrário, se recairá nas síndromes do planejamento utópico, destinado a enfeitar prateleiras que abastecerão as retóricas e os discursos, ou no planejamento prático (que alguns denominam de "fazejamento") que, logicamente, por escamotear as reais bases em que se fundamenta, tende a perpetuar o *status quo*. De resto, esta última forma de planejar é eminentemente pragmática e tópica e, tal como alguém já disse, pragmático é aquele que repete erros já cometidos por outros, por se recusar a conhecer a teoria e a história. Essas duas formas de planejamento têm em comum uma forte dose de autoritarismo e desprezo velado ou explícito pelo debate, discussão e controvérsia.

OBJETO DO TRABALHO

Com a existência de um setor de planejamento ambiental na CETESB e, nesta, de uma área de planejamento territorial, tratou-se de buscar um trabalho que traduzisse o objetivo de se fazer uma proposta de planejamento associada à questão ambiental, distinguindo-o do usual planejamento urbano e regional. Ao mesmo tempo, pretendeu-se colocar na prática de um projeto o conjunto de idéias expostas, sumariamente, na introdução deste artigo. Significa isto que o trabalho se propôs a fazer recomendações sobre a utilização de território ou uso do solo no Estado de São Paulo, tendo como objetivo uma ação preventiva de planejamento e como foco principal o equilíbrio do meio ambiente.

Significa também que se propôs a fazer tal projeto levando em conta certas premissas, por óbvio que pareçam: estamos no Brasil e particularmente no Estado de São Paulo, com as características que se apontaram anteriormente; o equilíbrio do meio ambiente significa não apenas o equilíbrio físico-natural, mas envolve as atividades humanas e depende basicamente da atividade econômica; por limitações de prazo e custos, o projeto se concentrou na questão da água e numa área do Estado de São Paulo.

Uma primeira questão a ser resolvida foi a da escolha da parte de território do Estado que seria objeto do trabalho. A Região Metropolitana de São Paulo foi descartada por dois motivos, sendo um deles praticamente definitivo: essa área já não se encontra mais na fase da viabilidade da ação preventiva de planejamento, mas na etapa corretiva (e olhe lá!). Além disso, são vários os órgãos que atuam nesse campo, na região. Seria inútil e desnecessário fazer-se algo que já está feito (e frequentemente não cumprido). Achou-se mais construtivo contar com a colaboração de profissionais dessas organizações, particularmente da Emplasa - Empresa de Planejamento da Grande São Paulo S.A. para incorporar o seu conhecimento acumulado, substituindo-se o usual processo de competição pelo da cooperação. O DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica, através de sua área de Planejamento, deu todo apoio financeiro ao projeto.

A escolha da área resultou de um extenso trabalho⁽²⁾ que mostrou ser a região administrativa de Campinas a que apresentou melhor desempenho econômico recente, apontando para um processo de desequilíbrio do meio ambiente em escala que poderá comparar-se, no futuro, ao das grandes concentrações metropolitanas. Portanto, um território onde a ação preventiva de planejamento, além de ser possível, é oportuna.

Um elemento importante no reforço da escolha da área foi o de que o abastecimento de água da região de Campinas depen-

de da bacia do rio Piracicaba, cujas águas, por sua vez, são revertidas em sua maior parte para suprir a Grande São Paulo. Esse elemento possibilitava explorar-se melhor a hipótese de que os processos de crescimento econômico e respectivas tecnologias usadas tornam insuficientes à compreensão as análises e estudos regionais clássicos baseados em conceitos de região administrativa ou semelhantes, ou de bacias hidrográficas. De resto, a região tem uma variedade de problemas ambientais ligados tanto ao aspecto urbano quanto ao rural e, neste, indo desde o uso agrícola e pastoril tradicionais até a agroindústria. A área escolhida, pois, preencheu uma série de requisitos, dentro das premissas adotadas.

Escolhida a água como recurso natural envolvido, selecionada a parte do Estado - região de Campinas - foi necessário delimitar o alvo do projeto. Este foi especificado como sendo o de propor diretrizes de uso e ocupação do solo, com o objetivo de definir-se formas qualitativas de apropriação dos recursos hídricos pelas atividades econômicas. Estas propostas de diretrizes estariam embasadas no conceito segundo o qual é tarefa do Estado regulamentar o uso e ocupação do solo pelas atividades econômicas, de modo a haver garantia de água em quantidade e qualidade para o consumo humano, tanto no presente quanto no futuro. A questão da proteção de mananciais atuais não comprometidos e mananciais futuros a serem preservados foi, portanto, um alvo decorrente. Ao alvo apontado se poderiam superpor outros, de modo a completar um objetivo mais abrangente, envolvendo outros recursos físicos e naturais, o que não foi feito, como já mencionado, devido às limitações de custo, capacidade técnica e tempo. De qualquer modo, importa ressaltar que os resultados mostraram a validade do método, ainda que restrito ao alvo escolhido.

Como decorrência das premissas adotadas e a partir das reflexões feitas na introdução, o projeto encarou a ação preventiva de planejamento não como um produto pronto e acabado, mas como um processo político e administrativo. Para tanto, os municípios e suas populações envolvidas devem ser os agentes de correção, adaptação e concretização ou não das propostas, segundo a resultante das forças e interesses sócio-político-econômicos existentes.

O projeto se constituiu de um conjunto de partes que se complementam, a saber:

1. Uso do solo nas bacias dos rios Capivari, Jundiá e Piracicaba, que resume as diretrizes e propostas do trabalho como um todo.
2. Uma análise sobre desempenho e impactos econômicos por regiões do Estado de São Paulo, constituída pelos seguintes estudos: "Tendências de Localização Industrial no Estado de São Paulo - 1950-1980"; "Efeitos da Industrialização sobre o Crescimento Populacional Municipal no Estado de São Paulo - 1950-1980"; "Efeitos da Industrialização sobre as Receitas Municipais no Estado de São Paulo - 1970-1980"; "Industrialização, Urbanização e Receitas Orçamentárias de 15 Municípios da Região de Campinas - Bacias do Piracicaba, Jundiá e Capivari". Estes estudos serviram, como se apontou antes, para a escolha da região de Campinas como campo de estudo, e também como elementos adicionais no entendimento do crescimento da atividade econômica e seus processos, de modo a auxiliar o encaminhamento dos debates e discussões das propostas.
3. Avaliação dos recursos naturais da região de Campinas, centrado no conhecimento de uso rural predominante, na plantação da cana-de-açúcar e na questão da mineração e seus efeitos sobre o meio ambiente em especial na água. O trabalho terminou por apontar pontos críticos para o monitoramento e análise da qualidade da água a fim de elucidar os efeitos do uso do solo rural predominante sobre os recursos hídricos. É importante ressaltar que os métodos utilizados, embora restritos à plantação canavieira aplicam-se também a outros tipos de cultivo.
4. Um audiovisual relativo às questões envolvidas nos trabalhos anteriores. Este audiovisual teve uma dupla finalidade. A primeira, de abordar as questões até aqui esboçadas em linguagem que não tivesse a indelével aridez dos estudos e relatórios, aridez a que não escapa nem mesmo este artigo, que nos desculpe o leitor.

⁽²⁾Tendências de Localização Industrial no Estado de São Paulo, 1950-1980.

A segunda finalidade está associada às bases conceituais do projeto. Estas levam à pretensão de se elaborar um trabalho que não se destinasse às prateleiras e que não tivesse a insolência do planejamento pragmático-autoritário. O audiovisual buscou, então, criar as condições para trazer ao debate as bases e fundamentações dos trabalhos, envolvendo desde autoridades, segmentos vários da sociedade civil, até a população em geral. A partir destes debates, devem surgir as correções, alterações e mudanças que tornem possível transformar as diretrizes e propostas resultantes em real instrumento de ação, cimentado em uma decisão política amplamente discutida. O audiovisual abrange cinco módulos, envolvendo as questões ambiental, da água, municipal e a do planejamento.

MÉTODOS E RESULTADOS

O método seguido procurou manter permanente vinculação com as bases conceituais utilizadas. A partir de seleção da região de Campinas, delimitou-se a área de estudo além das fronteiras administrativas e físico-naturais, ambas insatisfatórias para a compreensão da apropriação dos recursos hídricos pela atividade econômica. Assim, nem a divisão municipal, nem a bacia hidrográfica por si mesma, revelam as formas de apropriação dos recursos hídricos.

As fronteiras foram refeitas centradas na dinâmica de uso e ocupação do solo, onde elas aparecem concretizadas em um território transformado por atividades econômicas e assentamentos humanos. Assim, a área de estudo passou a ser um conjunto de sub-bacias (por se tratar de água) que são conhecidas a partir do uso do solo real, resultante da apropriação do território pelas atividades econômicas (rurais e urbanas) e pelos assentamentos humanos. A área de estudo ficou então concentrada nas bacias dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari, onde se encontra o principal eixo e pólo do crescimento regional, nucleado por Jundiá e Campinas, onde 13 municípios se apresentam fortemente integrados (Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiá, Louveira, Vinhedo, Valinhos, Campinas, Sumaré, Nova Odessa, Americana, Santa Bárbara do Oeste, Paulínia e Indaiatuba).

Na sequência, o conhecimento do uso do solo e da distribuição populacional e das sub-bacias hidrográficas envolvidas permitiu que se convergisse para unidades de análise - no caso, conjuntos de sub-bacias -, cuja organização interna, tendo em vista as três variáveis em jogo, permitiu que se conhecessem as relações que essas unidades guardam entre si e com o todo.

Ainda na sequência, qualificaram-se as unidades de análise em relação aos usos do solo atual e suas funções desejáveis quanto a se destinarem ao abastecimento de água ou esgotamento. Para cada unidade foi feita uma série de recomendações e propostas envolvendo a gestão de recursos hídricos e alguns outros recursos naturais associados, envolvendo as instâncias municipal, estadual e regional. A qualificação determinou três tipos de sub-bacias: a área de preservação máxima, a de restrição e controle, e área de esgotamento. A seguir foram indicadas as recomendações para cada uma das áreas; não seria o caso de transcrevê-las aqui, mas apenas de apontar a lógica que as inspirou.

As áreas assim classificadas apresentam graduação de níveis de restrição ou, vistas por outro lado, de estímulos. As áreas de preservação máxima são constituídas pelos mananciais municipais e regionais, atuais e futuros, com rigorosos níveis de restrição para evitar comprometimento da qualidade das águas. As áreas de restrição e controle, por terem potencialidades oferecidas por outras infra-estruturas, por exemplo vias de circulação, não suportam níveis de restrição tão rígidos (é preciso lembrar que a atividade econômica no sistema capitalista tem uma força não desprezível) mas exigem certas medidas restritivas que garantam a futura utilização das águas e evitem o comprometimento das utilizações atuais. As áreas de esgotamento são aquelas onde a ocupação real e atual e a disponibilidade de outros fatores atraentes para a localização de atividades e assentamentos humanos tornam inútil ou impraticável pretender-se impor níveis de restrição incompatíveis com essa realidade. Isto só seria recomendável caso não houvessem outras alternativas, mas assim mesmo teriam, mais do que nunca, que passar pela plena cimentação dessa decisão a nível político social.

Ao leitor não deve ter escapado que este trabalho adotou um "partido de projeto": o de escolher diferentes níveis de desempenho para diferentes partes de um território. E que esses diferentes níveis de desempenho significam a **heterogeneização** do espaço que, como se viu no início deste texto, apresenta alta homogeneização no que se refere à base econômica.

Ora, no sistema capitalista oscila-se entre duas forças contraditórias. De um lado, a homogeneização do espaço é desejável porque significa menor grau de intervenção e restrição, que representam amarras ao livre jogo de mercado. Por outro lado, a heterogeneização significa vantagens **diferenciadas** importantes e frequentemente decisivas para o sucesso de um empreendimento em relação a outro. Conforme cada situação de propriedade da terra, de negociações já iniciadas, planos e projetos previstos, e mesmo interesses eleitorais, cada agente se posicionará a favor ou contra a homogeneização ou a heterogeneização. Por tudo isso se reafirma que a implementação da ação preventiva deve passar, necessariamente, pela instância política.

Os trabalhos se desenvolveram por cerca de seis meses e custaram, a preços de 1985, aproximadamente Cz\$ 900 mil. Estimase que, com equipe técnica suficiente e a custos proporcionais, seria possível ter, em um prazo de seis meses a um ano, aproximadamente, uma estratégia de ação preventiva de planejamento praticamente para todo o território do Estado, seguindo-se um roteiro de prioridades indicado pelos citados estudos de tendências.

CONCLUSÕES

A ação preventiva de planejamento é fundamental para o estabelecimento de estratégias de ação de Estado e de governo na questão ambiental. Ela passa pelo conhecimento da localização de atividade econômica e pela regulamentação do uso do solo, tendo em vista o equilíbrio do meio ambiente natural e construído, uma vez que as populações se assentam aonde está a atividade econômica.

Com o prévio conhecimento dos problemas ambientais apontados por estudos anteriores ou pelas populações é possível, para cada área de estudo, selecionar o tema em torno do qual se aprofundarão os trabalhos, tal como se fez com a água no projeto apresentado.

O prazo de execução e os custos são extraordinariamente razoáveis, podendo-se pensar que em um ano se tenha uma proposta de ação preventiva de planejamento pronta para auxiliar a fixação de prioridades de ação do Estado, e que servirá de referencial para pesquisas associadas diretamente a estas ações.

No âmbito do órgão de controle de poluição, a existência de diretrizes como as aqui propostas permitem toda sua reorganização administrativa e de procedimentos, como por exemplo diferentes tipos de concentração de esforços, seja em função de regiões que se mostrem mais ou menos dinâmicas quanto ao crescimento econômico, seja intra-regionalmente, em função do desempenho desejado de cada área.

Na ausência desse tipo de trabalho é lícito pensar-se que os fatos ocorrerão como até agora, ou seja: o Estado, através de seus órgãos específicos, "correndo atrás" das situações críticas que se colocarem e socializando os custos do controle de poluição e da grande tragédia ambiental em que vai se transformando o país e o Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- 1- CETESB - Planejamento Ambiental, Uso do Solo das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 1986.
- 2- CETESB/Emplasa - Tendências de Localização Industrial no Estado de São Paulo, 1950-1980; Efeitos da Industrialização sobre o Crescimento Populacional Municipal no Estado de São Paulo, 1950-1980; Efeitos da Industrialização sobre as Receitas Municipais no Estado de São Paulo, 1970-1980; Industrialização, Urbanização e Receitas Orçamentárias de 15 Municípios da Região de Campinas - Bacias do Piracicaba, Jundiá e Capivari.

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA SERRA DO MAR¹

Celina Franco Bragança²
Elisabete Cristina Kono³
Luiza S. Junqueira Aguiar³
Roney Perez dos Santos³

RESUMO - O objetivo específico do presente trabalho é obter um diagnóstico espaço-temporal da degradação ocorrida na Serra do Mar, na região de Cubatão, tanto na vegetação quanto nas vertentes, em função do crescimento acelerado dos processos erosivos, com ênfase nos escorregamentos. Este diagnóstico utiliza, para uma primeira visualização, fotografias aéreas disponíveis dos anos 1962, 1972, 1977, 1980 e 1985.

ABSTRACT - The specific objective of the present study is to obtain a diagnostic in space and time of the occurred degradation in "Serra do Mar" (a mountain range close to an industrial park) in Cubatão region, either on vegetation or on slopes, in relation to the accelerating increasing erosive process, with emphasis on the land-slides. This diagnosis utilizes for its first visualization air-photographs available of the years 1962, 1972, 1977, 1980 and 1985.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal da Serra do Mar em Cubatão vem enfrentando progressivos sinais de degradação devido ao impacto dos poluentes atmosféricos emitidos pelo complexo petroquímico e siderúrgico de Cubatão, implantado a partir da década de 50. A área com evidência de degradação, embora modesta no início da década de 60, aumentou rapidamente nos anos 70, atingindo em 1980 a quase totalidade das serras do Paranapiacaba e Morrão e parte da Serra do Cubatão.

A degradação observada ao nível de vegetação obedece à sequência estabelecida por Mudd e Kozlowski (1975): eliminação de plantas sensíveis diminuindo a diversidade, redução seletiva de plantas do estrato superior e favorecimento de plantas mais baixas; e redução da biomassa levando a uma perda de nutrientes pelo ecossistema. A iminência de ocorrer um desastre natural da gravidade do que aconteceu em Caraguatatuba em 1966 (Cruz, 1974), motivou o Governo do Estado de São Paulo a criar a Comissão Especial para Recuperação da Serra do Mar em Cubatão. Esta propôs, dentro de uma perspectiva de curto prazo,

uma série de obras e mecanismos de defesa civil a fim de evitar a ocorrência de acidentes com depósitos de substâncias tóxicas ou inflamáveis e inundação de áreas habitadas. Em vista destas considerações iniciais, justificou-se o desenvolvimento de estudos para a elaboração de um diagnóstico da degradação da Serra do Mar em Cubatão, e a avaliação do risco de destruição que os escorregamentos representariam para os habitantes e infraestrutura urbana e industrial existente no sopé da serra.

OBJETIVO

O objetivo específico do presente trabalho foi o de obter um diagnóstico espaço-temporal da degradação ocorrida na Serra do Mar, na região de Cubatão, tanto na vegetação quanto nas vertentes, em função do aceleração dos processos erosivos, com ênfase nos escorregamentos. Este diagnóstico usa, para uma primeira visualização, fotografias aéreas existentes e disponíveis de diferentes anos (1962, 1972, 1977, 1980 e 1985). O estudo propõe, além disso, uma comparação entre bacias com características morfológicas semelhantes, mas com ocupações econômicas diferentes: a bacia dos rios Mogi e Cubatão, onde se instalaram as indústrias do pólo petroquímico de Cubatão e o Vale do Quilombo, onde, além da cultura da banana - que hoje está praticamente desativada - encontram-se somente explorações de pedreiras.

¹Trabalho realizado para subsidiar a Comissão da Serra do Mar para sua ação de recuperação em 1986.

²Arquiteto da CETESB.

³Geógrafos da CETESB.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Localizada na porção do Estado de São Paulo conhecida como "Província Costeira", no rebordo do Planalto Atlântico (Almeida, 1964), a área estudada abrange as bacias dos rios Mogi, Quilombo e parte do Cubatão, com ênfase nas escarpas e espigões formadores do conjunto conhecido como Serra do Mar, que cobrem 250 km² aproximadamente, estendendo-se na direção SO-NE, limitada pelas longitudes 46° 11,6' e 46° 30,0' Oeste e latitudes 23° 45,5' e 23° 55,4' S. A origem da Serra do Mar, como um grande conjunto de escarpas, remonta ao Cretáceo, quando as rochas Pré-Cambrianas já metamorizadas foram cortadas por falhamentos com direção principal SW-NE, apresentando um grande rejeito. Estas escarpas foram objeto de intenso processo erosivo condicionado, principalmente, pelo sistema de falhamentos.

A falha de Cubatão condicionou o aparecimento de duas bacias hidrográficas convergentes e opostas - Mogi e Cubatão. A drenagem na escarpa da Serra do Mar é condicionada pela estrutura, estando suas principais bacias orientadas segundo o eixo principal das falhas. Os afluentes costumam seguir os falhamentos e diaclasamentos secundários, perpendiculares ao eixo principal. As cabeceiras não apresentam tão claramente esta subordinação, tendo um padrão mais próximo do arborescente. Assim, o modelo de drenagem que mais se aproxima é o dentrítico-retangular. Como o desnível é grande - de 700 m a 1.000 m - e é pequena a distância entre as nascentes e a planície, os cursos d'água assumem um aspecto torrencial, transportando grandes quantidades de sedimentos, que são depositados no estuário, continuando a formação da planície costeira.

Com índices pluviométricos muito altos (maiores que 2.400 mm anuais), temperaturas altas típicas desta latitude e altitudes, e intensa atividade orgânica, as rochas metamórficas sofrem uma rápida intemperização, gerando um espesso manto de material inconsolidado, com granulometria variando das argilas às areias e matações de diversos tamanhos. Estes fatores, combinados com as acentuadas declividades das vertentes destas escarpas da Serra do Mar, agilizam os movimentos de massa como rastejamentos e escorregamentos. Vários autores já demonstraram esta grande dinâmica, citando muitos episódios, principalmente neste século, quando a ocupação foi intensificada nos sopés. Geomorfólogos e geólogos estão de acordo em que os movimentos de massa em toda a Serra do Mar são constantes, fazendo parte da dinâmica natural, não possuindo entretanto uma frequência tão alta, como é observado nas vertentes do Rio Mogi. Sua estabilização é relativamente rápida, através da recolonização das cicatrizes pelas espécies vegetais nativas ou pelo menor grau de intemperização das rochas.

A vegetação denominada mata pluvial (Coutinho, 1962) em uma designação geral e mais especificamente mata atlântica, caracteriza-se pela grande densidade de vegetação, aspecto caótico e o grande predomínio de plantas lenhosas. As lianas e epífitas revestem os troncos, mas o estrato mais próximo do solo é ocupado principalmente por brotos e plantas jovens, com a ocorrência de outras espécies - como as plantas arbustivas em menores quantidades e os líquens que povoam todos os níveis.

MÉTODOS UTILIZADOS

O trabalho de mapeamento da série temporal da degradação da Serra do Mar-Cubatão foi desenvolvido utilizando-se basicamente a aerofoto interpretação, técnica mais adequada e viável para o estudo, além de trabalhos anteriormente desenvolvidos na Superintendência de Pesquisas de Impactos Ambientais da CETESB. Somente para o levantamento do ano de 1985 (CETESB/Inpe), foram feitos trabalhos sistemáticos de campo, os quais serão descritos mais adiante. Na interpretação das fotografias aéreas foram utilizados os seguintes elementos de reconhecimento: tonalidade, textura, padrão, tamanho, forma, local e associação. Para a escolha da legenda, foram consultados estudos e mapeamentos efetuados por Baccaro, C. (1982), CETESB (1981), CETESB (1985), entre outros. Na fotointerpretação da vegetação de 1962 a 1980, foram identificados os tipos de vegetação, levando em consideração os elementos de reconhecimento das fotografias e estudos sobre a vegetação da área.

ANÁLISE DAS CARTAS

Como se sabe, as atividades econômicas que foram se estabelecendo através dos tempos na área de Cubatão, foram, na mesma medida de seu crescimento, descaracterizando a antiga paisagem da Serra do Mar. Embora sabendo-se que tal ocorrência tenha implicações a nível econômico, social e político, fato este evidenciado pelo porte das indústrias em Cubatão, nesse estudo tentar-se-á apenas fazer uma caracterização do estado atual (a partir de 1962), a nível de um primeiro diagnóstico da degradação da vegetação e do solo. Para a elaboração de um diagnóstico partiu-se da constatação de que, através de um estudo comparativo, abarcando os vários estudos da vegetação e dos escorregamentos representativos, poder-se-ia começar a indicar as possíveis causas e as tendências dos mecanismos de sua degradação.

No caso da região em estudo, desde o início de sua ocupação a vegetação vem sendo alterada. Através de queimadas, desmatamentos para construção de habitação, estradas (interligação Santos-Cubatão-São Paulo), agricultura (cana-de-açúcar, banana, goiaba), aterros em áreas de mangue para construção de estradas, extração do mangue para alimentar os curtumes etc., iniciando assim, o processo de degradação. Observou-se, pelos mapas de 1962 e 1972, que estas alterações estão restritas a determinados pontos onde a atividade se localizou, ou em áreas de acesso a elas. Levando-se em consideração também a relação entre o aumento da quantidade de ocorrências de escorregamentos, e a ausência ou menor densidade de vegetação, já mencionada por vários autores, pode-se observar que, entre o período de 1962 a 1972, esta tendência já está delineada.

Sabe-se que esses escorregamentos, na maior parte, ocorreram em 1971, tanto no Vale do Mogi quanto no Quilombo. Nota-se, porém, nas fotografias aéreas de 1977, que as cicatrizes do Vale do Quilombo apresentam uma cobertura vegetal, enquanto na do Vale do Mogi, poucas apresentam essa cobertura. Observa-se ainda, que, no decorrer dos anos, a degradação da vegetação vem se acentuando no Vale do Mogi, atingindo áreas cada vez mais distantes das áreas industriais. Pelo mapeamento de 1985, observou-se que a degradação da cobertura vegetal ocorre pela morte das árvores mais altas, favorecendo a proliferação de arbustos e árvores jovens, independente do tipo de vegetação preexistente. A degradação observada nas áreas de capoeira se dá também pela perda do estrato superior, porém não acompanhada de proliferação de arbustos e sim da diminuição do número de representantes desta sinúcia.

A degradação da cobertura vegetal da Serra do Mar devido à ação de poluentes atmosféricos atinge todo o Vale do rio Mogi. A intensidade desta degradação é variável em função da exposição das encostas às emissões de poluentes, tendendo a assumir maior gravidade próximo ao Pólo Industrial. O impacto da poluição atmosférica se dá inicialmente pela perda das espécies mais sensíveis, o que é notado pela queda na densidade de plantas nas áreas com degradação fraca. O efeito se acentua nas plantas mais altas, propiciando, devido à maior penetração de luz, a proliferação de arbusto e árvores baixas. A cobertura vegetal no Vale do rio Quilombo se encontra sem evidências de degradação a nível de vegetação, podendo estar ocorrendo nesta área os primeiros estágios de impacto ambiental da poluição atmosférica sobre a vegetação: perda de produtividade e até eliminação das plantas mais sensíveis.

Assim como a vegetação, o solo também se degrada: na medida em que a cobertura vegetal se deteriora, os processos erosivos atuam com mais intensidade. Nota-se uma crescente intensificação dos processos de movimentos de massa, a partir das fotos de 1972, na área em estudo, como se pode observar pela Tabela 2.

Assim, foram identificadas, em função dos compartimentos topográficos, as seguintes classes dominantes: no planalto-capoeira, campo-antrópico, reflorestamento; na escarpa e morros-mata, capoeira; na planície-mangue, restinga, campo, cultura, solo inculto, repovoamento vegetal. Foi possível mapear também a degradação da vegetação no Vale do Mogi, nos anos 62, 77, 80/81, com base em estudo (CETESB, 1980) onde foram estabelecidos quatro níveis de degradação através de fotografias aéreas e trabalho de campo. Para a execução do mapeamento de 1985 foi

TABELA 1 - Chaves de fotointerpretação

CLASSES FLORESTAIS				
	Classe	Descrição	Características Fotográficas	
Planalto	Capoeira (CP)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta secundária • altura de 5 a 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta • textura e rugosidade média 	
	Macega (m)	<ul style="list-style-type: none"> • vegetação secundária arbustiva • altura baixa - até 5 m 	<ul style="list-style-type: none"> • cyan • textura lisa, sem rugosidade 	
	Mata (M)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta primária (formação - Floresta Pluvial Baixo Montana do Complexo Vegetacional - Mata Atlântica) • altura superior a 20 m raramente alcançando 40 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta • textura grosseira, rugosidade alta, dominada por grandes copas 	
	Reflorestamento (R)	<ul style="list-style-type: none"> • povoamento artificial de eucaliptos 	<ul style="list-style-type: none"> • cinza-escuro ou magenta • textura média, rugosidade homogênea 	
	Capoeira Antiga (Cpa)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta secundária bastante desenvolvida • altura inferior a 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta • textura média e rugosidade média • ausência de grandes copas 	
Escarpa	Capoeira Nova em Escorregamento (Cpe)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta secundária • altura inferior a 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta a vermelho • textura lisa, rugosidade baixa • forma e localização indicadores de escorregamento 	
	Capoeira Nova após Desmatamento (Cp)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta secundária notadamente dominada por Miconia (manacá da Serra) nas áreas desmatadas pela RFFSA no alto da Serra do Morráo • altura inferior a 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta a vermelho • textura lisa, rugosidade baixa 	
	Mata com Degradação Forte (MD)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta primária com perda de mais de 50% dos representantes do estrato superior • altura superior a 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta escuro • textura grosseira, rugosidade alta • presença de copas grandes 	
	Mata com Degradação Fraca (Md)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta primária com perda inferior a 50% dos representantes do estrato superior • altura superior a 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta escuro • textura média, rugosidade média • presença de copas grandes 	
	Capoeira com Degradação Forte (CpD)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta secundária com perda de mais de 50% dos representantes do estrato superior • altura até 5 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta escuro • textura fina, rugosidade média sem copas grandes 	
	Capoeira com Degradação Fraca (Cpd)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta secundária com perda de menos de 50% dos representantes do estrato superior, caracterizada pela abundância de palmeiras • altura 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta claro • textura média, rugosidade média • ausência de copas grandes 	
	Capoeira (Cpp)	<ul style="list-style-type: none"> • floresta secundária bastante alterada pela extração de lenha e palmito; ocupa áreas anteriormente utilizadas por cultivo de banana • altura até 20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta claro • textura média, rugosidade média 	
	Mangue (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> • formação florestal de mangue sem discriminação do nível de degradação 	<ul style="list-style-type: none"> • magenta claro • textura média, rugosidade baixa acompanhando os canais 	
	Planície			
CLASSES NÃO FLORESTAIS				
	Campo (C)	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura herbácea em áreas alagadas ou não geralmente controladas por fogo 	<ul style="list-style-type: none"> • cyan em áreas bem drenadas e magenta clara em áreas alagadas • textura lisa e rugosidade ausente 	
	Área Cultivada (Ac)	<ul style="list-style-type: none"> • predominantemente cultura de banana, e anuais de subsistência (milho, mandioca, feijão) 	<ul style="list-style-type: none"> • sem padrão definido, depende do trato cultural • definido pela forma e proximidade de habitações 	

realizado um aerolevanteamento da área de estudo com o filme reversível Aerochrome 2443, que foi interpretado de acordo com metodologia proposta por Paijman (1966), a qual envolve três etapas.

Interpretação preliminar é a primeira delas, quando se identifica e discrimina os vários padrões fotográficos com que a cobertura vegetal se apresenta. A segunda etapa consiste na verificação de campo para avaliar estes padrões sob o ponto de vista fisionômico, dasonômico ou florístico e, posteriormente, análi-

se destes dados. Finalmente, na terceira etapa procede-se à interpretação final, que é feita com as classes já definidas com padrão fotográfico estabelecido em chave de fotointerpretação. Elegeu-se um filme sensível ao infravermelho, devido à sua aplicabilidade em estudos sobre "stress" de vegetação e mapeamento de tipos de cobertura vegetal. Na elaboração da legenda definitiva as classes florestais foram organizadas de acordo com os três ambientes básicos da área de estudo: planalto, escarpa e planície, conforme a Tabela 1.



LEGENDA

HIDROGRAFIA

- CURSOS PERENES
- DIVISOR DE ÁGUA

TOPOGRAFIA

- CURVA DE NÍVEL

SISTEMA VIÁRIO

- RODOVIÁRIO
- FERROVIÁRIO

ÁREAS CONSTRUÍDAS

- INDÚSTRIA
- ÁREA URBANA
- HABITAÇÃO ISOLADA
- TUBULAÇÕES
- LINHA DE ALTA TENSÃO

VEGETAÇÃO

- MATA
- MATA COM DEGRADAÇÃO FRACA
- MATA COM DEGRADAÇÃO MÉDIA
- MATA COM DEGRADAÇÃO FORTE
- CAPOEIRA
- CAMPO ANTRÓPICO
- MANGUE
- MANGUE DEGRADADO
- VEGETAÇÃO DE RESTINGA
- VEGETAÇÃO DE RESTINGA DEGRADADA
- SOLO INCULTO COM OU SEM VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA
- CULTURA - BANANA
- REFORESTAMENTO

PROCESSO EROSIVO

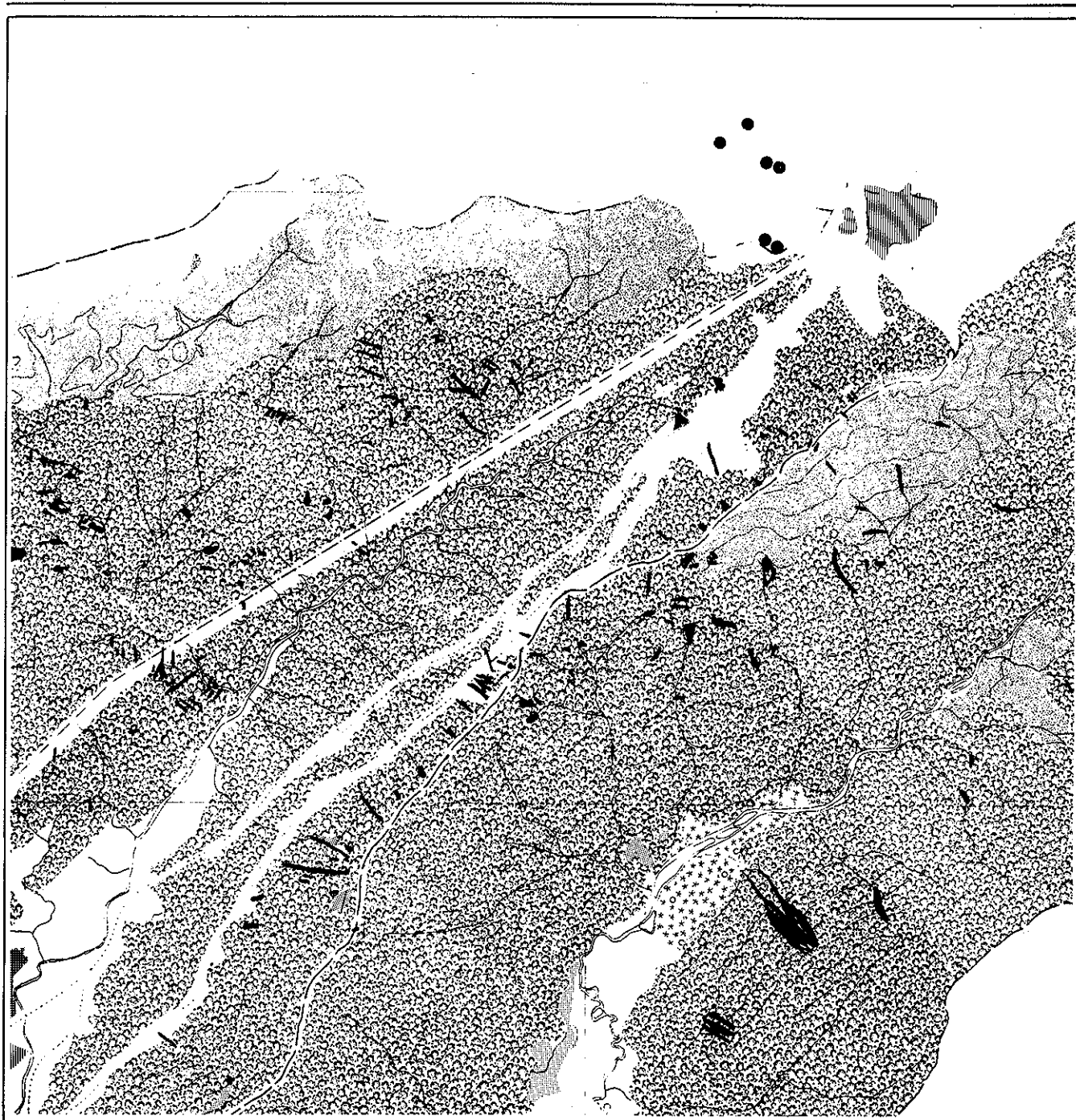
- ESCORREGAMENTO

COBERTURA VEGETAL, USO DO SOLO E ESCORREGAMENTO 1962



FONTES

BASE CARTOGRÁFICA : EMPLASA - SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO 1974
 ESCALA 1: 25.000
 FOTÓ AÉREA : SECRETARIA DA AGRICULTURA - AEROFOTO NATIVIDADE LTDA
 ESCALA 1: 25.000 APROXIMADA - 1962
 CETESB - DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA SERRA DO MAR
 EM CUBATÃO - 1981



LEGENDA

HIDROGRAFIA

CURSOS PERENES
DIVISOR DE ÁGUA

TOPOGRAFIA

CURVA DE NÍVEL

SISTEMA VIÁRIO

RODOVIÁRIO
FERROVIÁRIO

ÁREAS CONSTRUÍDAS

INDÚSTRIA
ÁREA URBANA
HABITAÇÃO ISOLADA
TUBULAÇÕES
LINHA DE ALTA TENSÃO

VEGETAÇÃO

MATA
MATA COM DEGRADAÇÃO FRACA
MATA COM DEGRADAÇÃO MÉDIA
MATA COM DEGRADAÇÃO FORTE
CAPOEIRA
CAMPO ANTRÓPICO
MANGUE
MANGUE DEGRADADO
VEGETAÇÃO DE RESTINGA
VEGETAÇÃO DE RESTINGA DEGRADADA
SOLO INCULTO COM OU SEM VEGETAÇÃO
CULTURA - BANANA ESPONTÂNEA
REFLORESTAMENTO

PROCESSO EROSIVO

ESCORREGAMENTO

COBERTURA VEGETAL, USO DO SOLO E ESCORREGAMENTO 1972



FONTES

BASE CARTOGRÁFICA : EMPLASA - SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO 1974
ESCALA 1:25.000
FOTO AÉREA : SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO - PROSPEC - GEOPRO
AEROMAPA - ESC. 1:40.000 APROXIMADA - 1972



LEGENDA

HIDROGRAFIA

- CURSOS PERENES
- DIVISOR DE ÁGUA

TOPOGRAFIA

- CURVA DE NÍVEL

SISTEMA VIÁRIO

- RODOVIÁRIO
- FERROVIÁRIO

ÁREAS CONSTRUÍDAS

- INDÚSTRIA
- ÁREA URBANA
- HABITAÇÃO ISOLADA
- TUBULAÇÕES
- LINHA DE ALTA TENSÃO

VEGETAÇÃO

- MATA
- MATA COM DEGRADAÇÃO FRACA
- MATA COM DEGRADAÇÃO MÉDIA
- MATA COM DEGRADAÇÃO FORTE
- CAPOEIRA
- CAMPO ANTRÓPICO
- MANGUÊ
- MANGUE DEGRADADO
- VEGETAÇÃO DE RESTINGA
- VEGETAÇÃO DE RESTINGA DEGRADADA
- SOLO INCULTO COM OU SEM VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA
- CULTURA - BANANA
- REFLORESTAMENTO

PROCESSO EROSIVO

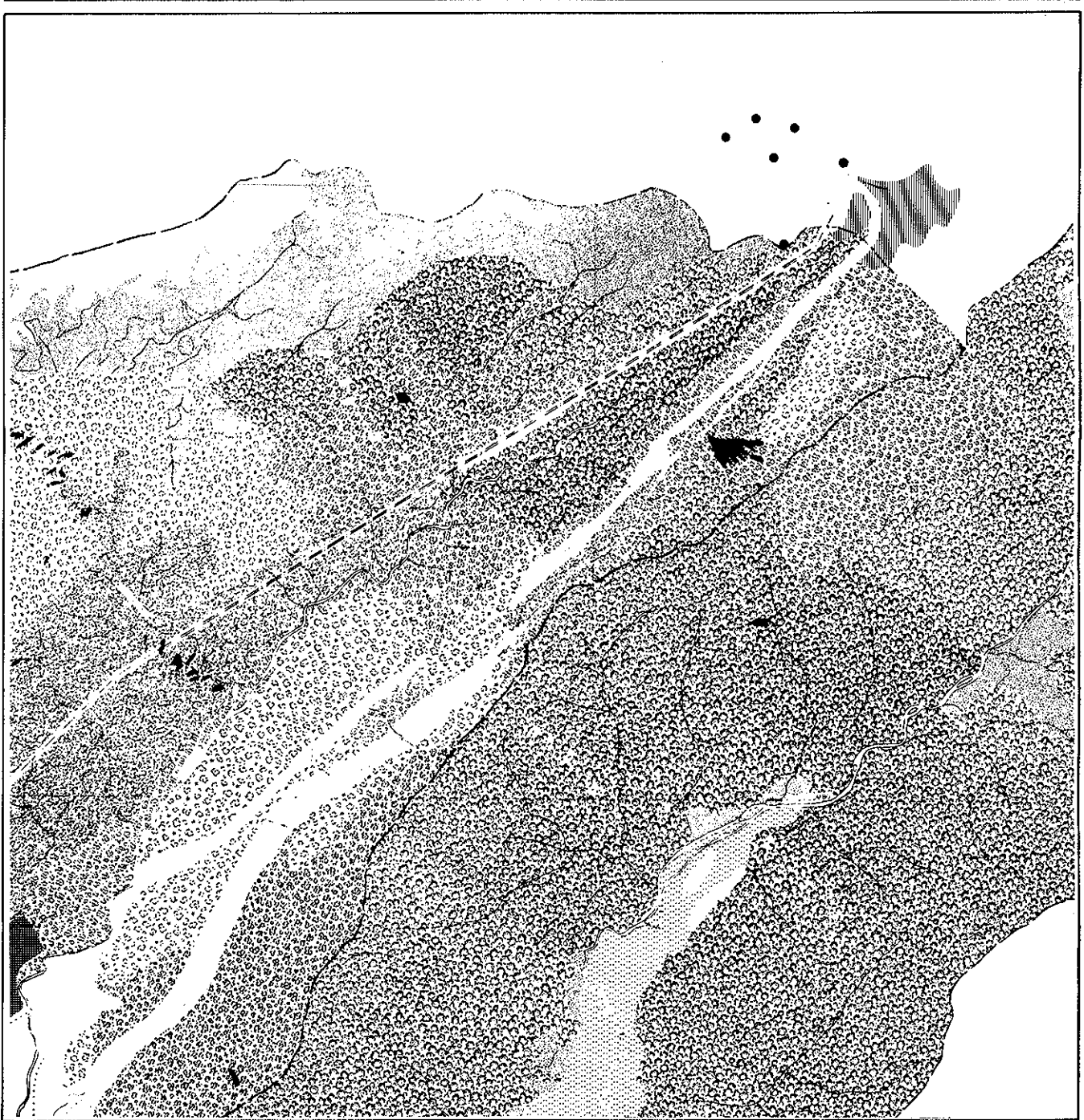
- ESCORREGAMENTO

COBERTURA VEGETAL, USO DO SOLO E ESCORREGAMENTO 1977



FONTES

- BASE CARTOGRÁFICA: EMLASA - SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO 1974 ESCALA 1:25.000
- FOTO AÉREA: EMLASA - LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAFÉTRICO - TERRAFOTO ESCALA 1:40.000 APROXIMADA - 1977
- CETESB - DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA SERRA DO MAR EM CUBATÃO - 1981
- CETESB - CARTA DO MEIO AMBIENTE E SUA DINÂMICA - 1985



LEGENDA

HIDROGRAFIA

CURSOS PERENES
DIVISOR DE ÁGUA

TOPOGRAFIA

CURVA DE NÍVEL

SISTEMA VIÁRIO

RODOVIÁRIO
FERROVIÁRIO

ÁREAS CONSTRUÍDAS

INDÚSTRIA
ÁREA URBANA
HABITAÇÃO ISOLADA
TUBULAÇÕES
LINHA DE ALTA TENSÃO

VEGETAÇÃO

MATA
MATA COM DEGRADAÇÃO FRACA
MATA COM DEGRADAÇÃO MÉDIA
MATA COM DEGRADAÇÃO FORTE
CAPOEIRA
CAMPO ANTRÓPICO
MANGUE
MANGUE DEGRADADO
VEGETAÇÃO DE RESTINGA
REPOVOAMENTO VEGETAL
SOLO INCULTO COM OU SEM VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA
CULTURA - BANANA
REFLORESTAMENTO

PROCESSO EROSIVO

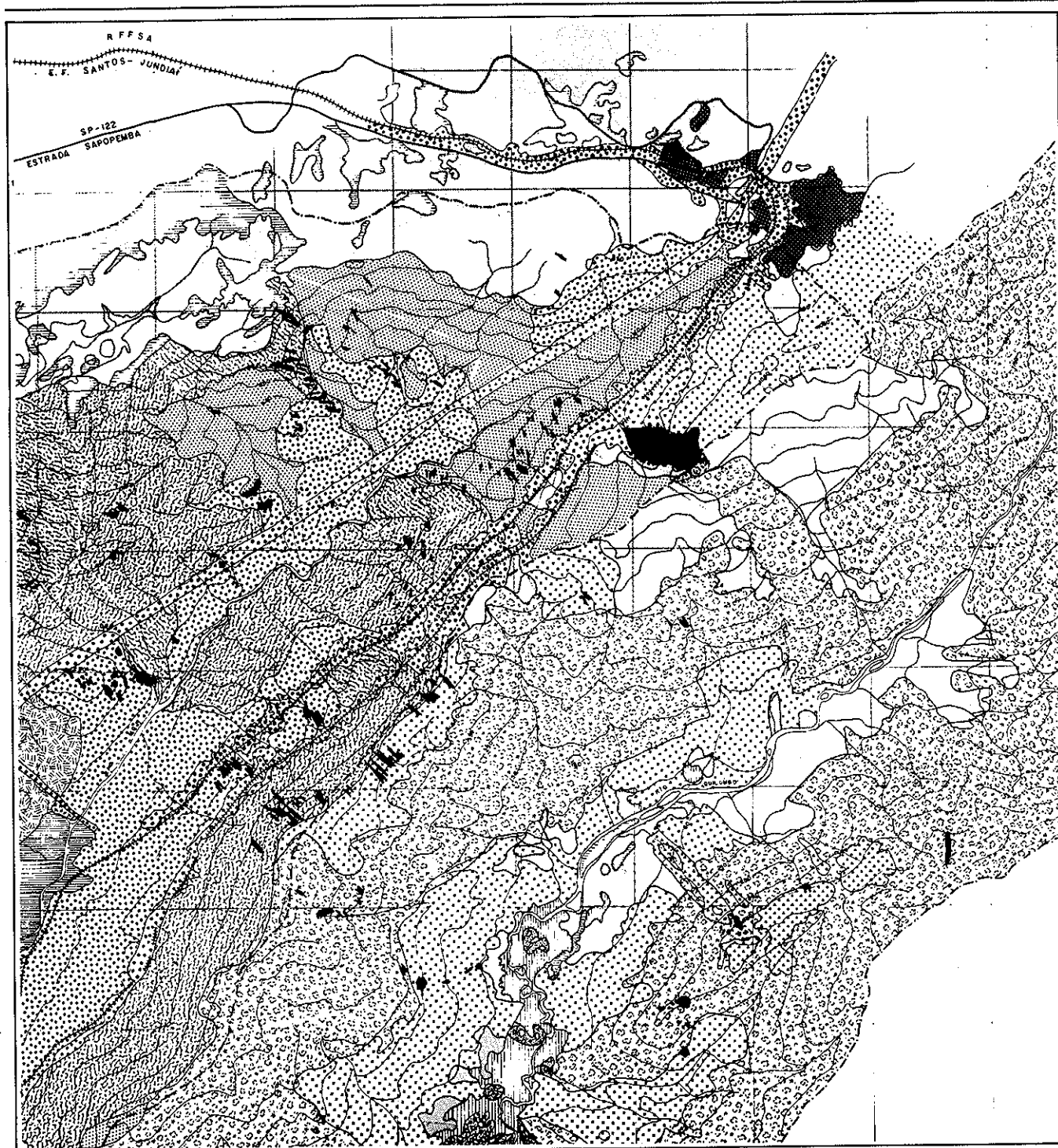
ESCORREGAMENTO

COBERTURA VEGETAL, USO DO SOLO E ESCORREGAMENTO 1980



FONTES

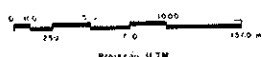
BASE CARTOGRÁFICA : EMLASA - SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO 1974
ESCALA 1:25.000
FOTO AÉREA : EMLASA - LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAFÉTRICO - TERRAFOTO
ESCALA 1:35.000 APROXIMADA - 1980/1981
CETESB - DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA SERRA DO MAR EM CUBATÃO - 1981



ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA SERRA DO MAR EM CUBATÃO-S.P.

- MATA
- MATA COM DEGRADAÇÃO FRACA
- MATA COM DEGRADAÇÃO FORTE
- CAPOEIRA ANTIGA
- CAPOEIRA NOVA
- CAPOEIRA COM DEGRADAÇÃO FRACA
- CAPOEIRA COM DEGRADAÇÃO FORTE
- CAPOEIRA NOVA EM ESCORREGAMENTO
- CAPOEIRA DE PLANICIE
- MANGUEZAL
- REFLORESTAMENTO
- CAMPO
- ÁREA AGRICOLA
- ÁREA URBANA
- INDUSTRIA
- ÁREA DE MANUTENÇÃO
- CAMPO DE VAZA
- ÁGUA

- SINAIS CONVENCIONAIS**
- RIOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- LIMITE DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE INTERESSE
- ESCORREGAMENTO



Mapa Cartográfico produzido pelo EMPL-S4

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL FOI ALTERADA PARA 50m PARA NÃO PREJUDICAR A REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA

MAPA OBTIDO ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DE FOTOGRAFIAS AÉREAS INFRAVERMELHO COLORIDAS, ESCALA 1:25.000 - AEROLEVANTAMENTO REALIZADO PELO INPE PARA A CETESB

TABELA 2 - Número de escorregamentos por bacias

Bacias	1962	1972	1977	1980	1985
Perequê	6	23	58	65	123
Mogi	10	58	177	57	199
Sub-bacia da Onça	1	51	32	33	119
Sub-bacias da Serra do Morião	10	46	9	2	86
Subtotal	21	155	218	92	404
Quilombo	0	59	17	0	61
Total Geral	27	237	293	157	588

Fonte: Contagem realizada nas sub-bacias pela fotointerpretação das fotos aéreas dos respectivos anos.

Estas cicatrizes estão presentes em quase todas as vertentes do Vale do Mogi, e em menor escala nas do rio Quilombo. Predominam na área os escorregamentos que apresentam a forma alongada e os que expõem lajes rochosas em forma de paredão e ocorrem, com maior frequência, nas vertentes voltadas para NE e E. Até 1962, os movimentos de massa registrados estão localizados na bacia do rio Cubatão, nas proximidades da Usina Henry Borden (escorregamentos ocorridos entre julho de 1946 a março de 1947) e da rodovia Anchieta (cotas 95 e 500), ocorridos em diversas épocas, segundo quadro de Guidicini e Nieble (1976). Nas fotografias aéreas de 1972, constata-se um grande número de cicatrizes de escorregamentos tanto no Vale do Mogi quanto no Vale do Quilombo.

Através de informações obtidas na área, constatou-se a ocorrência de um grande evento de movimento de massa no verão de 1971, danificando as instalações da RFFSA, localizada na bacia do rio Mogi. Na bacia do rio Quilombo, muitas áreas de cultivo de banana foram atingidas, levando ao abandono quase que total dessa atividade. Pelas fotografias aéreas de 1977, constatou-se que as cicatrizes do Vale do Quilombo de 1972 se encontravam cobertas de vegetação, processo que não ocorreu em todas as cicatrizes do Vale do rio Mogi. Segundo Baccaro (1982), quando o meio é favorável à regeneração, os arbustos se desenvolvem. Nos verões subsequentes a 1976 ocorreram novos escorregamentos, que em 1985 atingiram níveis alarmantes. A partir do impacto gerado pela implantação do Pólo Industrial, que passa a sofrer grandes transformações, acarretadas pela falta de estudo específico que considerasse o entorno do Pólo Industrial e seu uso potencialmente habitacional, gerado pela mão-de-obra utilizada nas indústrias. Como consequência dessa falha de previsão ocorre na cidade um acúmulo populacional repentino sem o suporte de uma infra-estrutura adequada.

O processo de crescimento pode ser verificado nas cartas, pela série de ocupação do solo em 1962, 1972, 1977, 1980 e 1985, onde alguns núcleos habitacionais existentes sofreram crescimento lento e outros acelerados. O crescimento das áreas industriais encontra-se na Tabela 3. Analisando a presente distribuição de áreas urbanas e industriais (Tabela 3), percebe-se que a área industrial se constitui em quatro vezes a área urbana, e que mesmo com o acréscimo de todas as áreas urbanas previstas - que são de difícil e discutível urbanização por se tratar de mangues -, o montante industrial ainda será uma vez e meia maior do que o urbano. Os vazios existentes, principalmente os mangues, representam a área mais discutível do município, tanto pela sua condição de setor ainda não totalmente degradado, quanto pela destinação contraditória a eles atribuídas (uso industrial, expansão urbana e proteção ambiental).

TABELA 3 - Áreas urbanas e industriais

Ano	1962	1972	1977	1980	1985
Área (km ²) ⁽¹⁾					
Residencial	2,3	3,8	4,3	4,9	5,4
Industrial	4,2	6,6	8,3	12,3	17,8

⁽¹⁾ Áreas planimetradas em cartas topográficas - Escala 1:25.000

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como abordagem preliminar a aerofoto interpretação permitiu a percepção de diferenças existentes entre os vários momentos das tomadas das fotos. Obteve-se, através da análise de tais fotos, resultados que, se não podem ser o ponto terminal de uma análise que pretenda captar o processo total, foi imprescindível como caminho necessário a ser percorrido, pois qualquer análise de processo parte de um correto diagnóstico. Somente após concluída esta etapa, poder-se-á partir para um correto procedimento. Faz-se necessário, além disso, realizar estudos morfodinâmicos das bacias dos rios Mogi e Quilombo, visando a estabelecer áreas com maior ou menor instabilidade nas escarpas da Serra do Mar. Isto, porque não se deve entender os processos de movimento de massa como um fenômeno isolado, mas em estreita relação com outros elementos da paisagem. Não só a degradação da vegetação contribui para a ocorrência desses movimentos, mas também a litologia, o relevo, o manto de alteração, a hidrografia, o clima etc. Para finalizar, resta ressaltar que o trabalho não descarta as atividades econômicas estabelecidas na área como o principal fator causador da instabilidade das escarpas. Isto, tendo em vista a constatação de que, antes da instalação das atividades industriais e urbanas no sopé da Serra, tanto a degradação da vegetação quanto os movimentos de massa não ocorriam com tanta intensidade.

REFERÊNCIAS

- 1- ALMEIDA, F.F.M. de. *Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista*. Série teses, e monografias, 14. São Paulo, IGEOG-USP, 1974, 110 p.
- 2- BACCARO, Claudete A.D. *Os Processos de Movimentos de Massa e a Evolução das Vertentes na Serra do Mar em Cubatão (SP)*. Dissertação de mestrado apresentada no Departamento de Geografia da USP, São Paulo, USP, 1982, 165 p.
- 3- CETESB. *Degradação de Cobertura Vegetal da Serra do Mar em Cubatão - Avaliação Preliminar*. São Paulo, CETESB, 1985, 115 p.
- 4- COUTINHO, L. M. Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata pluvial tropical. In: *Boletim da Faculdade de FFLCH da USP*, 257, Botânica, 18. São Paulo, USP, 1962, 219 p.
- 5- MUDD, J.B.; T.T. *Response of Plants to Air Pollution* - Academic Press. N.Y. USA, 1975.

DOCUMENTAÇÃO AEROFOTOGRAFICA

- SECRETARIA DA AGRICULTURA, Instituto Agrônomo de Campinas. Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo. Aerofoto Natividade Ltda., escala aproximada 1:25.000, 1962.
- SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO. Sistema cartográfico metropolitano. Recobrimento aéreo da Grande São Paulo. Consórcio VASP-CRUZEIRO-PROSPEC-AEROMAPA, escala aproximada 1:40.000, 1972.
- EMPLASA. Levantamento aerofotométrico. Terrafoto Atividades de Aerolevantamentos, escala aproximada 1:40.000, 1977.
- Levantamento aerofotométrico. Terrafoto Atividades de Aerolevantamento, escala aproximada 1:35.000, 1980/81.
- CETESB/INPE. Levantamento aerofotométrico. INPE, escala aproximada 1:25.000, 1985.

DOCUMENTAÇÃO CARTOGRAFICA

- EMPLASA. Sistema Cartográfico Metropolitano, escala 1:25.000, 1974 (nº 324, 421, 422, 423, 424 e 521).

RUÍDO DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO MUNICÍPIO DE AMERICANA¹

Antonio Alessio Filho²

RESUMO - Este trabalho apresenta os resultados de medições sonoras efetuadas na malha urbana da cidade de Americana (SP), através de monitoramento sonoro em 50 pontos distribuídos em quatro zonas de uso do solo, com o objetivo de avaliar o som ambiente nas áreas expostas ao ruído da indústria têxtil. Além disso, foi realizado estudo de algumas indústrias com sistemas ditos "ideais" para controle sonoro e outras desprovidas de meios de controle. Conclui-se que o planejamento da ocupação do solo seria um meio para se evitar a exposição da população a ruídos de origem industrial.

ABSTRACT - This paper presents the results of a noise sampling in the urban area of a median size city located 130 km North of São Paulo city. This city, named Americana, has its industrial activities concentrated on textile production. The noise measurements were carried out through 50 sampling sites distributed over four urban zones. The main objective was to evaluate the environmental noise emitted by textile industries. Besides the environmental noise sampling, another study was made to investigate the external noise level at industrial installations and comparing some industries provided with thermal-acoustic control systems with others industries without such control systems. The conclusion of this study shows that the urban planning is the most feasible way to avoid population exposure to noise level from industrial installations.

INTRODUÇÃO

A poluição sonora nas cidades do interior do Estado de São Paulo está se tornando um problema agudo à medida que são ocupadas áreas urbanas mistas, comerciais e industriais para fins residenciais, expondo as populações a ruídos industriais prejudiciais à saúde e ao bem-estar comunitário.

A cidade de Americana é conhecida como um pólo industrial voltado à produção têxtil, cujas tecelagens encontram-se espalhadas pelas várias zonas de uso do solo. O tear, pelas suas características, gera como subproduto um indesejável som, de elevado nível, capaz de provocar danos ao aparelho auditivo dos trabalhadores dessa indústria, além de causar incômodo à vizinhança das tecelagens.

Neste estudo foram realizadas medições sonoras na malha urbana da cidade, através de monitoramento sonoro em 50 pontos, distribuídos em quatro zonas de uso do solo. O objetivo foi avaliar o som ambiente nas áreas do município expostas ao ruído da indústria têxtil. Foram também estudadas algumas indústrias com sistemas ditos "ideais" para controle sonoro e outras desprovidas de meios de controle.

¹Trabalho apresentado no II Seminário Internacional de Controle de Ruído, Rio de Janeiro, 1986.

²Físico da CETESB.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para efeito de amostragem foi delimitado um quadrilátero para localização dos 50 pontos de medição sonora, conforme a Tabela 1.

TABELA 1 - Pontos de medição nas zonas urbanas

Tipos de zonas	Nº de pontos
ZR1 - residencial, baixa densidade	5
ZR2 - residencial, alta densidade	21
ZM2 - mista	18
Z1 - industrial	6

Em cada ponto de medição o microfone do aparelho medidor foi posicionado externamente a uma distância de 1,50 m de fachadas de prédios, muros ou barreiras refletoras e a 1,20 m acima do nível do solo.

Foram coletadas 9.000 amostras à taxa de 0,1 segundos num tempo total de 15 minutos e com resposta rápida e nível instantâneo. O medidor foi o modelo 4.426 da Bruel & Kjaer.

Formulação de modelo

O nível sonoro em cada zona foi expresso como uma combinação linear de um valor de referência e as contribuições das indústrias e dos veículos automotores que passaram pelo local de medição. A expressão abaixo representa o modelo:

$$L \text{ (dBA)} = B_0 + B_1 Z_1 + B_2 Z_2 + B_3 Z_3 + B_4 Z_4 + B_5 I + B_6 D$$

Sendo B_0 o valor de referência, B_i ($i = 1, 2, 3, 4$) as contribuições das quatro zonas, B_5 das indústrias e B_6 dos veículos automotores. Esse coeficiente B_6 mede a taxa de variação sonora com o incremento da densidade de tráfego D .

Empregou-se a técnica *step wise* de regressão linear múltipla para estimar os coeficientes do modelo. Essa técnica é baseada na matriz de correlação entre as variáveis urbanas e o nível sonoro correspondente. Os resultados estão agrupados na Tabela 2.

TABELA 2 - Dados relativos ao modelo

Índice	B_0	ZR1 (B_1)	ZR2 (B_2)	ZM2 (B_3)	ZI (B_4)	Indústria (B_5)	Tráfego (B_6)
L_5	59,40	2,57	1,4	4,54	2,52	0,64	0,10
L_{10}	54,48	3,24	2,85	6,49	3,70	1,29	0,10
L_{50}	45,31	2,77	4,05	9,99	2,31	2,95	0,09
L_{90}	43,45	-0,26	1,62	9,05	0,27	4,61	0,05
L_{95}	42,25	-0,25	2,14	9,75	0,68	4,82	0,05
Leq	53,72	3,83	3,11	7,29	6,49	1,62	0,08

NÍVEIS SONOROS OBTIDOS

Dos dados obtidos nas medições sonoras urbanas realizadas em 50 pontos, foram calculadas as médias aritméticas por índice e por zona, apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Médias dos níveis sonoros amostrados

Índice	ZR1	ZR2	ZM2	ZI	GERAL
L_5	63	62	65	67	64
L_{10}	59	59	63	63	61
L_{50}	49	51	58	52	53
L_{90}	44	47	57	47	49
L_{95}	43	47	56	46	48
Leq	58	58	63	64	61

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Pode-se verificar que o modelo não relaciona os níveis sonoros às fontes por si, mas aos fatores causativos que indiretamente decidem a distribuição das fontes na cidade. Os parâmetros relacionados no modelo podem ser controlados e utilizados como ferramenta no planejamento sônico das cidades, através do controle da ocupação do solo e das vias de transporte. Nota-se, pela Tabela 1, que os coeficientes são maiores na ZM2 e são crescentes com relação aos níveis sonoros L_5 a L_{95} acompanhados pela elevação do fator indústria (B_5), representativo da presença de ruído contínuo e estacionário, característica das tecelagens.

Na ZM2 o nível de ruído encontra-se 10 dBA acima do valor de referência B_0 nos percentis L_{50} e L_{95} . Desprezando-se a contribuição das atividades exercidas nas zonas, o valor B_0 varia de 43 a 45 dBA para os percentis L_{90} e L_{50} , isto é, o valor B_0 é um bom indicador do nível de ruído de fundo de uma área residencial, pois esse valor recebe baixa influência das fontes sonoras urbanas. Além disso, o nível de ruído de fundo (L_{90}) medido aproxima-se muito de B_0 calculado estatisticamente.

A influência do tráfego (B_6) se reflete mais nos índices L_5/L_{10} . Observa-se que o L_{10} e Leq estão sempre próximos um ao outro quando inexistem picos sonoros de amostragem, que normalmente são incorporados ao Leq e estabilizados no L_{10} .

Pelos dados das Tabelas 1 e 2 pode-se notar uma "falha" no planejamento do uso do solo e no assentamento residencial, pois são iguais aos níveis de ruído de fundo (L_{90}) das zonas ZR2 e ZI. Exceção é feita à ZR1, que ainda não se encontra contaminada pela poluição sonora industrial. Em contrapartida, nas áreas da ZM2 onde se tem uma concentração indústria-moradia, a população vem sendo continuamente exposta ao ruído da indústria. Nessa ZM2 está ocorrendo o chamado "creeping", isto é, um aumento gradativo do nível de ruído de fundo.

Análise do ruído urbano

Com base nos dados apresentados pode-se verificar, através do nível equivalente contínuo (Leq), que as zonas ZR1 e ZR2 têm comportamento sonoro semelhante, revelando um predomínio da ocupação do solo para fins residenciais. Por outro lado, observando o nível de ruído de fundo (L_{90}) das zonas ZR1 e ZR2, nota-se elevação no L_{90} da ZR2, pela existência de algumas tecelagens nesta última zona. Já a ZR1 mantém preservadas suas características de ocupação residencial.

AVALIAÇÃO DE TECELAGENS

São três as alternativas para controle de ruído industrial tendo por base o controle das emissões para o meio exterior à empresa: a redução do nível sonoro gerado pela maquinaria; a construção de edificação industrial apropriada ao tipo de ocupação de solo no entorno da empresa; e a planificação do uso do solo de acordo com o tipo de atividade industrial, evitando expor a comunidade a essa poluição.

A primeira alternativa, que envolve a redução do ruído de um tear com lançadeira (cujo nível é da ordem de 95 dBA, torna-se impraticável sem uma completa alteração do sistema de propulsão da lançadeira. Essa alteração equivale a uma troca de máquina por outra de nova geração técnica. Atualmente existem teares sem lançadeira e com sistema de propulsão sem engrenagem ou mecanismos geradores de impactos.

Por outro lado, as edificações industriais são construídas mais como um abrigo de proteção à maquinaria e pouco oferecem em conforto térmico-acústico. Assim, para este tipo de atividade industrial se torna necessária uma edificação fechada e com sistema de ventilação capaz de manter o conforto térmico internamente à fábrica. Essa parece ser uma alternativa equilibrada para os problemas de emissão de ruído para a comunidade.

Para serem obtidas informações complementares com vistas a um isolamento termoacústico dito "ideal", foram contatadas duas indústrias já providas com tais sistemas, os quais foram avaliados do ponto de vista de emissão sonora. Os resultados são dados a seguir:

a) Tecelagem I

Essa empresa possui 274 teares com lançadeiras operando num galpão vedado ao meio externo, com sistema de ventilação umidificada para manter controlada as condições térmicas do ambiente. Isso reduz a quebra de fios em processo, aumentando a produtividade e a vida útil da maquinaria. O galpão possui estrutura metálica em arco, fechamento lateral em alvenaria de blocos, telhado composto por duas folhas onduladas de alumínio, formando um "sanduíche" alumínio-isopor-alumínio.

Para se ter uma avaliação desse sistema implantado na empresa, foram medidos os níveis de ruído constantes da Tabela 4:

TABELA 4 - Resultados das medições na tecelagem I

Nível de Ruído	dBA	Fonte Ruído
Interno ao galpão	98	Teares
Externamente, a 3 m da parede com todo sistema de ventilação paralisado	61	Teares
Externamente, a 5 m da tomada de ar externa do sistema de ventilação	83	Insuflador (sem abafador)
Externamente, a 10 m da tomada de ar externa do sistema de ventilação	80	Insuflador (sem abafador)

Através desses dados verifica-se que, numa condição de extrema proximidade da indústria, com residências na faixa de até 10 m, o sistema de ventilação (sem abafador) gera nível de som externo superior aos próprios teares, inviabilizando aparentemente esta solução para alguns casos. Assim sendo, o nível de ruído emitido externamente é superior ao padrão desejável para uma área residencial no período diurno e pior ainda no noturno.

b) Tecelagem II

Essa empresa possui vários salões com teares. É também uma construção vedada ao meio externo, com sistema de ventilação e umectação através de torres de resfriamento. O galpão possui tratamento acústico interno constituído de painéis de lã de vidro que revestem parcialmente as paredes, além de forro interno. Os níveis sonoros medidos foram os que estão na Tabela 5.

TABELA 5 - Resultados das medições na tecelagem II

Nível de Ruído	dBA	Fonte Ruído
Externamente, defronte a uma porta de aço da parede frontal	66	
Externamente, a 3 m da parede frontal com a porta de aço fechada	58	76 teares Ruti
Externamente, a 3 m da parede lateral	54	
Interno ao galpão	102	
Vibração perceptível a 3 m de distância das paredes		

Com esse tratamento termoacústico implantado, vemos que o nível de ruído emitido ao meio externo ainda não permite o funcionamento diurno dessa tecelagem numa área residencial. Ressalte-se ainda a presença de vibração perceptível à distância de 3 m das paredes da edificação, exigindo assim a existência de recuos laterais, tanto para instalação das torres de resfriamento quanto para a atenuação da vibração emitida pelos teares. Além dessas, foram vistoriadas duas outras empresas instaladas numa área crítica da vizinhança, desprovidas de qualquer sistema de controle acústico.

c) Tecelagem III

Trata-se de uma pequena indústria, possuidora de 14 teares com lançadeiras instaladas num galpão inadequado para isolamento sonora e vizinho a residências. A edificação é composta por paredes em alvenaria de tijolo, com quatro vitrôs basculantes, telhado apoiado numa estrutura de madeira e fechamento por telhas francesas. Nessa situação foram medidos os níveis sonoros que constam da Tabela 6.

TABELA 6 - Resultados das medições na tecelagem III

Interno ao galpão	98dBA
Externo - próximo aos vitrôs	82dBA
Rua Tupis - frente empresa	73dBA
Lateral esquerda	73dBA
Fundo - corredor	80 + 2dBA

Pela edificação, localização e tamanho da empresa temos uma condição de inviabilidade técnico-financeira de se obter uma redução do nível de ruído emitido à vizinhança ao padrão residencial. Além disso, existe a agravante de estar instalada em galpão alugado sem uma estrutura de elevada isolamento sonora, necessária para operar numa área com residências.

A instalação de um sistema de ventilação-umectação para manter conforto térmico-acústico no ambiente de trabalho teria um alto custo para o faturamento dessa pequena empresa. Por essas razões, entendemos que a instalação da empresa em um local apropriado, isto é, afastado de residentes, teria um custo bem inferior à modificação da estrutura do galpão atual.

d) Tecelagem IV

Essa empresa encontra-se em situação semelhante à anterior no tocante ao tipo de edificação e localização. Funcionam 36 teares com lançadeiras em um galpão erguido com paredes de alvenaria com vários vitrôs basculantes para iluminação e ventilação natural. A cobertura está apoiada em uma estrutura de madeira com fechamento em telhas francesas. Existem queixas da vizinhança contra poluição sonora. Pela análise dessas duas empresas é fácil perceber a importância do planejamento urbano, localizando essas indústrias em terrenos destinados a essa finalidade, mantendo-se afastados os receptores residenciais, eliminando assim a exposição da população a este agente físico.

CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, análise dos níveis sonoros das quatro zonas amostradas e nos resultados das vistorias efetuadas nas tecelagens, conclui-se que o ruído emitido por essas indústrias interfere e degrada a qualidade sonora no seu entorno, afetando a população exposta a esse ruído, requerendo assim ações corretivas de caráter urgente.

Pelos fatos mencionados, sugere-se que sejam aprimorados os tipos de edificações industriais, a fim de atender aos requisitos ambientais, térmico-acústicos; que se evite a construção de tecelagens próxima a moradias e vice-versa. Pelo levantamento realizado, verificou-se que o nível de ruído de fundo da zona industrial ZI é inferior ao existente na ZR e ZM2. Deste modo, entende-se ser necessário evitar o aumento do nível de ruído provocado pela instalação de tecelagem nessas duas zonas, incentivando a instalação das empresas nas áreas industriais destinadas a esse fim.

REFERÊNCIAS

- 1- CETESB. Avaliação das alternativas para controle de ruído da indústria têxtil do município de Americana. Relatório Interno. São Paulo, 80 p. 1986.
- 2- CETESB. Levantamento de níveis sonoros ambientais em áreas urbanas. Relatório Interno. São Paulo, 190 p. 1984.
- 3- CRAWFORD, R. Noise control on textile machinery. Philosophical Transaction of the Royal Society of London, Serie A, 263, pp 347-367. 1968.
- 4- DRAPER, N. R. & SMITH, H. Applied Regression Analysis. John Wiley & Sons, Nova Iorque, 360 p. 1966.
- 5- DUPRÉ, W.C. Noise reduction of weaving looms. Proceedings of Inter-Noise, Varsóvia, Polónia, Vol. 1, pp 293-295, 11/13 setembro. 1979.
- 6- ECKHARDT, HOMER, D. The prediction of sound levels in textile weave rooms from data on individual looms. Proceedings of Inter-Noise, São Francisco, EUA, pp 451-454, 8/10 maio. 1978.
- 7- PRABHU, BALAGOPAL T. S. & MUNICHAKRABORTY, R.L. A Planning study of urban noise in Calcutta. Proceedings of Inter-Noise, Varsóvia, Polónia, vol. 2, pp 815-818, 11/13 setembro. 1979.
- 8- WADMARK, Bo. Noise abatement in textile industry. Proceedings of Inter-Noise, São Francisco, EUA, pp 153-158, 8/10 maio. 1978.
- 9- WADMARK, Bo. Noise abatement of big shuttle looms. Proceedings of Inter-Noise, São Francisco, EUA, pp 203-206, 8/10 maio. 1978.

PROCESSAMENTO DE AMOSTRAS E CONTAGEM DE ORGANISMOS FITOPLANCTÔNICOS

Sérgio Roberto¹
Denise Navas Pereira¹

RESUMO - O trabalho apresenta considerações e observações realizadas em laboratório com relação a interferências nos resultados de estudos quantitativos e qualitativos de organismos fitoplanctônicos provocados pelos procedimentos de coleta, homogeneização, estocagem, manuseio, transporte e preservação indevidos ou não observados a contento, causando alterações significativas e mascarando os resultados finais de contagem, bem como conduzindo a erros na identificação. Algumas das observações mais significativas podem ser atribuídas aos procedimentos de coleta, homogeneização e preservação, que podem provocar ruptura de organismos, adesão de determinadas espécies às paredes do frasco, perda de flagelos, ou não decantação de algumas espécies que, mesmo após a preservação, ainda permanecem na superfície da amostra. Em função das observações efetuadas, conclui-se que há necessidade de uma padronização de metodologia, desde a coleta até o processamento final das amostras.

ABSTRACT - Laboratory observations about the interferences of undue field sampling, equalizing, handling, transport, preservation and keeping procedures on the results of quantitative/qualitative phytoplankton analysis are commented. These interferences cause significant sample changes leading either to quantitative or qualitative errors. The most significant errors can be attributed to sampling, equalizing and preservation procedures. These may cause breakdown of cells/colonies, loss of flagella, adhesion of cells that still remain on the surface layer of the sample, even after preservation. In order to solve these problems, the standardization of methodology is recommended, from the very beginning of field collection until the final handling of the samples.

INTRODUÇÃO

O levantamento da comunidade fitoplanctônica se constitui em uma das mais valiosas informações para melhor conhecimento de ambientes aquáticos. Através do conhecimento das espécies existentes no meio e do "standing-stock", hoje, pela melhor interpretação do significado sanitário de gêneros e espécies mais amplamente divulgados, da aplicação de índices, e de correlações com dados físico-químicos, podemos caracterizar o tipo e a qualidade deste ambiente principalmente quanto ao grau de eutrofização.

Para o estudo desta comunidade, é de fundamental importância a obtenção de amostras representativas. Sabe-se que organismos planctônicos realizam migrações verticais e encontram-se naturalmente distribuídos na coluna d'água, restringindo-se aos limites da camada eufótica, onde a existência de luz permite a continuidade do processo fotossintético e conseqüentemente a produção orgânica. Assim, a adoção de técnicas laboratoriais seguras, principalmente no que se refere à contagem de organismos fitoplanctônicos, faz-se cada vez mais necessária, devido ao fato de que nenhum método é perfeito e de que em todos os métodos existem limites de certeza (Lund et alii, 1959).

O presente trabalho contribui com algumas considerações e observações realizadas em laboratório com relação a interferências nos resultados de estudos quantitativos e qualitativos de or-

ganismos fitoplanctônicos, provocados pela coleta, estocagem, manuseio, transporte e preservação indevidos ou não observados a contento, causando alterações muitas vezes significativas, mascarando os resultados finais de contagem, bem como conduzindo a erros de taxonomia. Sugere-se, também, uma possível padronização de metodologia utilizada por diversas organizações, entidades e áreas de estudo afins, que envolvam o levantamento da comunidade algal.

POSSÍVEIS INTERFERÊNCIAS DEVIDAS A PROCEDIMENTOS

O primeiro passo a ser dado é quanto à adequação do tipo e forma de coleta ao objetivo do estudo e técnica de processamento.

Para o estudo da comunidade fitoplanctônica, como já mencionado, é de fundamental importância a obtenção de amostras representativas. A determinação da quantidade de pontos e níveis de profundidade de coleta deve ser adequada aos recursos financeiros disponíveis, nunca relegando para segundo plano o fato de que, de modo geral, a distribuição vertical destes organismos na coluna d'água acha-se restrita aos limites da camada eufótica, onde a existência de luz permite a continuidade do processo fotossintético, e conseqüentemente produção orgânica, limitando e especificando organismos nos seus estratos mais adequados (Moreira, 1976).

¹ Biólogos da CETESB

Deve-se também levar em conta o tipo de ambiente que será estudado, devido às diferenças entre ambiente marinho e de água doce, cada um com características muito particulares (Moreira, op. cit.), o mesmo acontecendo com ambientes oligotróficos e eutróficos.

As amostras coletadas por intermédio de rede, para estudo quantitativo, são desaconselháveis do ponto de vista da precisão dos resultados, por mais meticulosas que sejam as coletas e as medições de velocidade, correntes etc. Estes resultados nunca serão tão precisos como os de uma amostra total.

A utilização de rede para coleta de fitoplâncton proporciona ainda um agravo tanto na análise quantitativa quanto qualitativa, uma vez que os organismos enquadrados no nanoplâncton (2 a 20 µm) não são retidos em sua maioria, provocando assim uma perda da biomassa algal que pode atingir de 40 a 90% do total de clorofila (Trondsen, 1976; Eppley & Weiler, 1979; Hallegraef, 1981, apud Hallegraef, 1983) ou ainda 60% da biomassa total (CETESB, 1984).

Em estudos mais amplos e específicos, com o objetivo de se conhecer as diversas populações, cadeia alimentar, hábitos alimentares de organismos de interesse científico-econômico etc., é de extrema importância que o levantamento das espécies nanoplânctônicas seja realizado, uma vez que estes organismos servem de alimento para o zooplâncton e são considerados especialmente importantes para a sobrevivência das larvas de invertebrados planctotróficos que habitam o fundo (Moestrup, 1979). Assim, a utilização de rede para coleta de amostras, neste caso, inviabiliza este tipo de estudo.

Transporte das Amostras

Uma vez preservada a amostra, esta não necessita de maiores cuidados. Deve apenas ser mantida à sombra, evitar-se altas temperaturas e o excesso de luminosidade, principalmente quando o reagente utilizado para preservação for solução de lugol.

As amostras não preservadas devem ser acondicionadas em frascos de vidro neutro ou de polietileno, devido à sensibilidade de algumas algas ao meio alcalino, morrendo em poucas horas quando colocadas em vidros normais (Branco, 1978).

Os frascos contendo amostras devem ser mantidos sob refrigeração em uma caixa de isopor fechada, com gelo, para que o metabolismo dos organismos seja diminuído, acarretando um menor consumo de oxigênio, na ausência de luz. A quantidade de ar dentro do frasco deve ser de 1/3 e a de amostra de 2/3, se não exceder 24 horas até o processamento da amostra ou devida preservação.

Em situações de atendimento especial (ocorrência de florações), é aconselhável que apenas 1/4 do frasco contenha amostra, a fim de aumentar a área contendo ar, uma vez que em situações com tais características são encontrados organismos em alta atividade metabólica, e alguns já em estado de decomposição.

Homogeneização

Devido ao pequeno tamanho dos organismos fitoplanctônicos, sua capacidade de locomoção e de flutuação, a homogeneização passa a ser uma fase muito importante no processamento e manuseio da amostra.

Partindo do princípio de que a amostra esteja fixada, portanto eliminada a locomoção dos organismos, ainda assim haverá problemas com outros organismos que aderiram às paredes do frasco, uma grande maioria que sedimentou, e algumas células que ainda permaneceram na superfície, seja pela tensão superficial seja pela presença de pseudovacúolos existentes naturalmente no organismo ou presentes devido à sua degradação.

Deve-se ter muito cuidado ao realizar a homogeneização, uma vez que se trata de organismos que possuem poucas micras de tamanho, podendo a agitação brusca provocar danos à sua estrutura, o que prejudica sensivelmente o estudo sistemático. A agitação brusca, além de desnecessária, pode provocar ainda, em alguns grupos de algas sensíveis - principalmente cianofíceas de forma colonial, como por exemplo *Microcystis* sp. -, o rompimento da parede gelatinosa responsável pela sustentação de

todas as centenas de células em seu interior, induzindo na maioria das vezes o taxonomista a erro a nível de família ou a uma classificação apenas a nível de ordem. O mesmo pode acontecer com organismos pertencentes ao grupo dos fitoflagelados coloniais, como por exemplo algas do gênero *Volvox*, que poderiam ser confundidas com fitoflagelados de vida livre individuais, uma vez alterada sua forma original.

Estas situações, até certo ponto frequentes, podem ocorrer tanto de forma natural no ambiente aquático quanto de forma induzida no laboratório, acarretando não apenas um possível erro sistemático como também uma contagem extremamente irreal, a ponto de uma única cianofícea colonial, como por exemplo *Coelosphaerium* sp., uma vez rompida sua membrana gelatinosa e suas células soltas, ser considerada, para efeito de contagem, como centenas ou milhares de Chroococcales, desvirtuando totalmente a proporção numérica entre grupos de interesse em seu significado sanitário, a caracterização do ambiente, sem mencionar o erro grotesco do levantamento de número de organismos por área e volume.

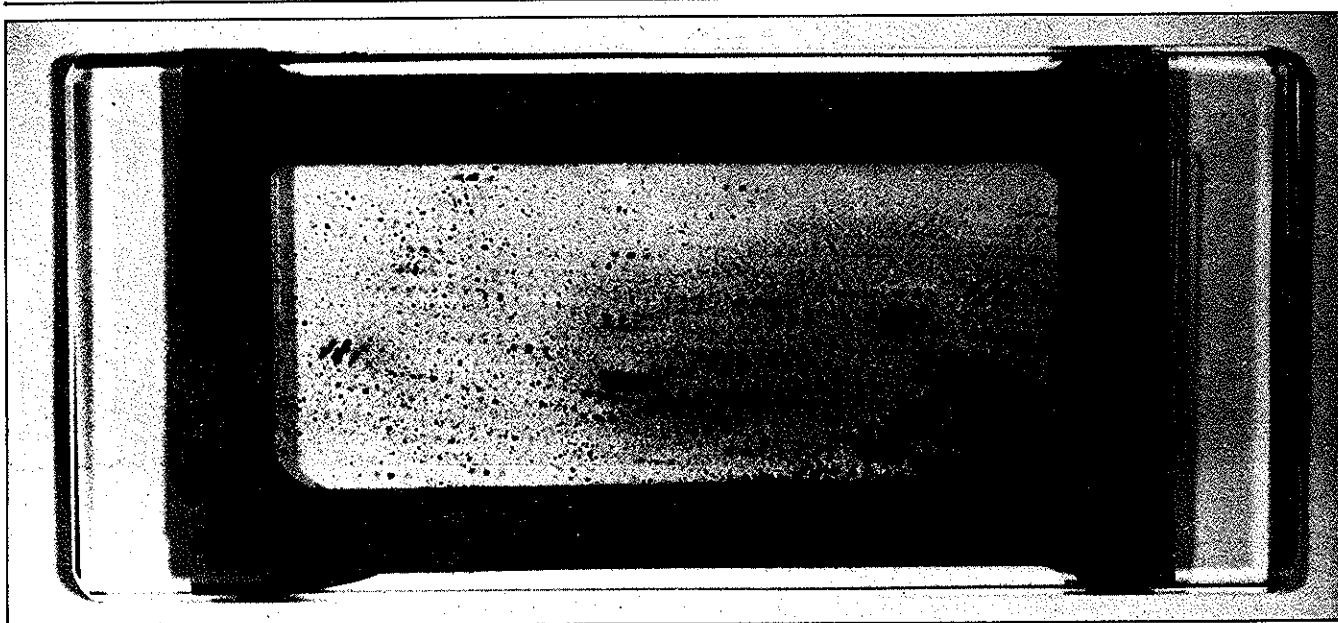
A homogeneização da amostra é importante, também, quando da sua colocação em câmaras de contagem, considerando-se que, na maioria das vezes, os organismos fitoplanctônicos são quantificados em câmaras de decantação, como a de Sedgwick-Rafter ou a de Utermöhl, de volume variado. Uma vez que a amostra é inserida nas câmaras de decantação com o auxílio de pipetas, o líquido forma uma corrente dentro das câmaras que propicia a decantação do material sólido de forma seletiva, devido às diferenças na dimensão das partículas, conforme se verifica nas Fotos 1 e 2. Muitas vezes, amostras provenientes de ambientes eutrofizados se apresentam com elevado número de células a serem contadas e, nesses casos, a câmara não é analisada em sua totalidade, utilizando-se a contagem pelo método de transectos ou campos. Assim, é extremamente importante a distribuição homogênea do material, que pode ser obtida através da agitação da câmara com movimentos desordenados, após ter sido encerrada a amostra em seu interior, antes de ser levada à câmara úmida, para decantação.

Estocagem

O material analisado deve, após sua devida preservação, ser guardado em lugar escuro com a mínima penetração de luz e temperatura ambiente estável, uma vez que nessas condições as cores naturais e originais das algas permanecerão por mais tempo, facilitando a identificação. Desta forma, haverá material em razoáveis condições para futuras comparações, referências ou para fins didáticos. Existe uma série de problemas quanto a este tipo de estocagem, como evaporação, preservação inadequada para alguns organismos existentes na amostra, diversidade de espécie e outros, que levam à conclusão de que o melhor e mais seguro método de estocagem é o que compreende a microtécnica, com separação do organismo de interesse e confecção de lâminas permanentes. Infelizmente, todas as técnicas existentes para este último processo apresentam um certo grau de dificuldade, pela complexidade das inúmeras operações a serem realizadas e habilidade pessoal que somente é adquirida após várias repetições (Branco, 1978). O resultado, em geral, é de excelente qualidade: até mesmo algas do grupo das cianofíceas, que possuem estruturas delicadíssimas, resistem por mais de 80 anos, como visto em lâminas preparadas por H. Potel com material planctônico proveniente das águas do rio Tietê, datadas de 1904, permanecendo até hoje em perfeitas condições de coloração e estrutura.

Tempo para Realização da Análise

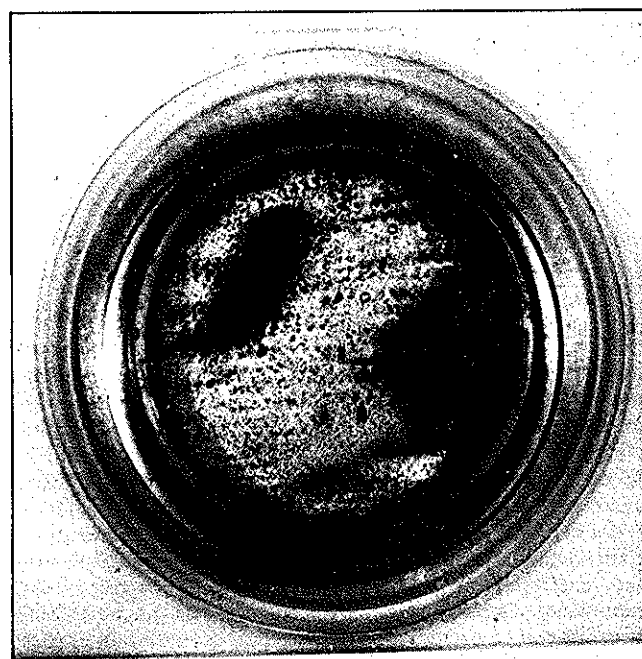
Apesar de trabalhoso e muito dispendioso, o melhor método seria a leitura imediata da amostra através da fixação dos organismos fitoplanctônicos com vapores de ácido ósmico, devido às vantagens que apresenta obviamente levando-se em consideração a viabilidade de emprego e interesse de execução desse trabalhoso método para o estudo em desenvolvimento, uma vez que este reagente viabiliza o emprego de microscopia eletrônica.



Fotos 1 e 2 - Câmaras de decantação Sedgwick Rafter (acima) e Utermöhl (abaixo) contendo material particulado sólido de diferentes granulometrias, mostrando sua sedimentação sem a devida agitação.

Como o método acima se apresenta praticamente inviável do ponto de vista prático e econômico para a maioria dos laboratórios que atuam nesta área, o tempo ideal para a realização do processamento da amostra normalmente é considerado como sendo o mais breve possível, levando-se em conta a disponibilidade de pessoal técnico especializado para realização da classificação e contagem, volume de trabalho do laboratório, condições de estocagem etc.

Tendo em vista a grande frequência de amostras provenientes de locais eutrofizados recebidas em alguns laboratórios, com concentrações elevadas de algas principalmente pertencentes ao grupo das cianofíceas, verificam-se, por várias vezes, espécies dos gêneros *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Anabaena* e outras, aderidas às paredes dos frascos junto à superfície da amostra de uma forma muito mais significativa em frascos descartáveis de polietileno, devido provavelmente à sua maior aspereza, quando comparados aos frascos de vidro. Esta situação é extremamente indesejável e prejudicial ao estudo quantitativo, uma vez que estes organismos não se desprendem das paredes em sua totalidade com a agitação manual e também não apresentam resultados satisfatórios com a ação de agitadores automáticos mesmo após 96 horas de agitação, permanecendo ainda organismos aderidos à parede que podem ser vistos a olho nu (Fotos 3 e 4). Desse modo, seria interessante a utilização de frascos de vidro de boa qualidade, e, no caso de se notar uma certa aderência, remover cuidadosamente o material ainda aderido às suas paredes, antes da homogeneização, a fim de minimizar o erro de contagem.



Diferentes Formas de Preservação

Atualmente existe uma grande quantidade de reagentes e misturas utilizadas para fixação e preservação de organismos fitoplanctônicos. Alguns destes apenas recentemente começaram a ser empregados, e outros já são utilizados há algum tempo, como o formol e a solução de lugol.

Para se determinar o tipo de preservação ideal, há necessidade de serem realizados testes com diferentes concentrações e diferentes grupos de organismos fitoplanctônicos, verificando quais as alterações sofridas pelos mesmos, tentando assim chegar a um consenso final sobre a abrangência e a qualidade de cada reagente, como o trabalho realizado por Gherardi et alii (1979).

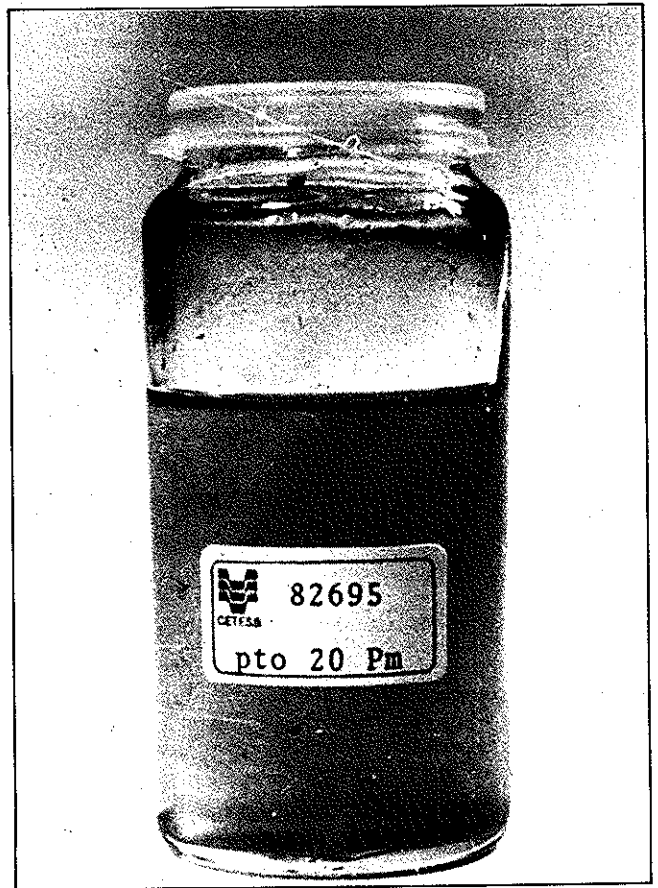
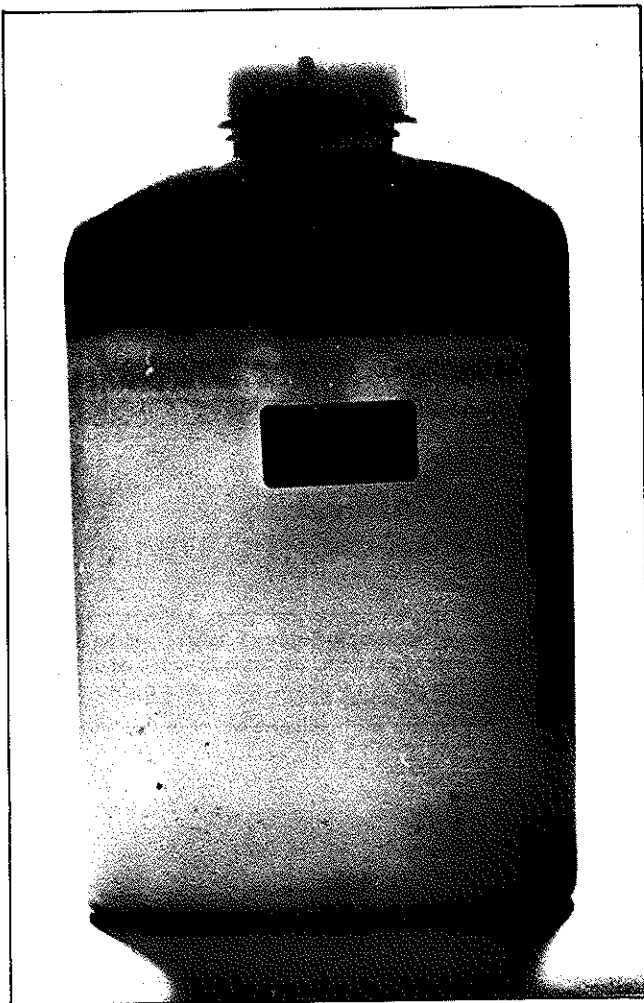
Para preservação a longo prazo, sem dúvida o formol se apresenta como o mais indicado, na concentração de 2 a 4%, apesar de que esse reagente pode alterar ou destruir células de organismos flagelados mais delicados (Lund et alii, 1959), fato também observado pelos autores.

Lâminas permanentes preparadas em 1908 contendo clorofíceas filamentosas e formas unicelulares fixadas em cromo-acético a uma concentração de 0,3% apresentaram um ótimo resulta-

do, permanecendo em excelentes condições de conservação, com aparência de recém-coletadas. Infelizmente, não se dispõe de dados sobre a eficiência do cromo-acético para outros grupos como diatomáceas, fitoflagelados e cianofíceas.

O maior problema da preservação está ligado ao grupo dos fitoflagelados, pois muitos desses organismos apresentam alta sensibilidade e fragilidade à fixação, propiciando a perda de flagelos, tornando, assim, as células, quando observadas ao microscópio, sem flagelos. Dependendo da forma como estes permanecem depositados no fundo da lâmina, podem prejudicar extremamente o trabalho sistemático, impedindo a visualização de estruturas características do organismo que facilitam sua identificação. Esta perda de flagelos pode ocorrer com todos os fixadores, sendo que se obtêm melhores resultados quando se utiliza concentrações mínimas dos mesmos.

Resultados satisfatórios foram obtidos com a utilização de formol a 2% para preservação de organismos flagelados, uma vez que com o auxílio de microscopia de contraste de fase visualiza-se, na maioria das amostras, fitoflagelados em perfeitas condições de preservação, sem apresentarem perda dos flagelos, conforme se verifica nas Fotos 4 e 5.



Fotos 3 e 4 - Frasco descartável de polietileno (esquerda) e de vidro neutro (direita), com amostra proveniente de ambiente eutrofizado, observando-se colônias de *Microcystis* sp. aderidas ao corpo do frasco descartável.

Os dois reagentes mais utilizados ainda são o formol e a solução de lugol. Aparentemente, os dois "interferem" ou "prejudicam" de igual maneira os organismos e a adoção de um ou outro pode estar mais relacionada ao hábito do técnico que manuseia a amostra, uma vez que o lugol altera um pouco a coloração de certos organismos, requerendo de certa forma um hábito para melhor visualização. É aconselhável que antes e ao longo dos estudos, em algumas coletas, amostras sem preservação sejam analisadas com a finalidade de se observar os organismos mais sensíveis, principalmente os pertencentes aos grupos das cianofíceas e fitoflagelados, para certificar-se de que os reagentes utilizados na preservação não estejam causando alterações morfológicas externas ou internas ou até mesmo destruindo algumas células.

Após um encontro entre técnicos que atuam no campo da taxonomia de organismos fitoplânctônicos, realizado no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, durante o curso de aperfeiçoamento sobre "Estudo do Nanoplâncton Marinho: Métodos e Técnicas, Taxonomia e Ecologia", em julho de 1984, ficou estipulada uma padronização na utilização de formol, a uma concentração não inferior a 2% e máxima de 4%, principalmente para ambientes marinhos. Para ambientes de água doce, verificou-se que a solução de lugol ainda atende com igual eficiência à fixação de organismos fitoplânctônicos.

A escolha e a utilização correta dos fixadores são de fundamental importância, uma vez que estes reagentes podem interferir na contagem e classificação de organismos, propiciando erros até certo ponto grosseiros devido a alterações provocadas ao meio. No caso do emprego do formol para fixação dos organismos, o volume utilizado do reagente interfere no resultado final da contagem, uma vez que a formalina comercial contém geralmente de 37 a 42% de formol (Branco, 1978), e para se atingir uma concentração de 2% há necessidade de se adicionar 5% do volume da amostra em reagente, ou seja, diluir-se o volume total em 5%, como pode ser visto a seguir:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

onde:

- V_1 : volume da amostra a ser preservada
- C_1 : concentração desejada
- V_2 : volume necessário de formol (x)
- C_2 : concentração do formol

portanto, para 250 ml de amostra, adicionando-se 12,5 ml de reagente obtém-se a concentração de 2%:

$$250 \cdot \frac{2}{100} = x \cdot \frac{40}{100}$$

$$250 \cdot 0,02 = x \cdot 0,4$$

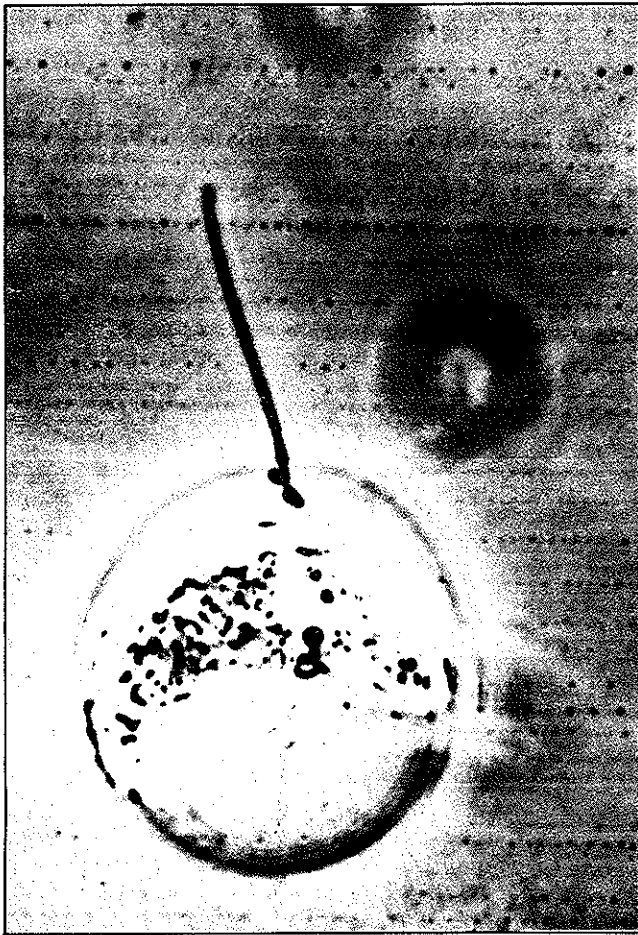
$$5 = x \cdot 0,4$$

$$x = 12,5$$

Dependendo do objetivo do estudo e do grau de precisão que o levantamento da população exige, principalmente no que se refere à biomassa, pode haver necessidade de se realizar uma correção da contagem em função da diluição sofrida pela amostra.

Este problema já não ocorre com a utilização de solução de lugol como reagente fixador, uma vez que 1 ml/l fornece uma concentração suficiente para uma preservação por aproximadamente seis meses para amostras de locais oligotróficos, e 2 ml/l para ambientes eutróficos, quando estocadas em local escuro, devido à degradação sofrida pela solução de lugol através da ação da luz (CETESB, 1978).

Outra interferência que a preservação pode provocar em organismos planctônicos é quanto à destruição de organismos ou deformações neles provocadas. A destruição pode ocorrer basi-



Fotos 5 e 6 - Organismo flagelado, fotografado por processo de contraste de fase. Amostra preservada com formol a 2%.

camente de duas maneiras: a primeira, pela destruição celular, onde organismos sensíveis e frágeis que possuam seu conteúdo celular retido por uma camada fina de envoltório corpuscular têm essa camada destruída, impossibilitando sua visualização e consequente contagem; a segunda, pela destruição do envoltório gelatinoso de organismos coloniais, onde cada célula que se desprende da colônia passaria, com grande probabilidade, a ser contada como um organismo individual, acarretando os erros já comentados no item referente à homogeneização.

Algumas algas, principalmente as pertencentes ao grupo das cianofíceas, são caracteristicamente de superfície, devido, na maioria das vezes, à presença de pseudovacúolos no interior das células, ou à própria característica morfológica que propicia sua permanência com maior facilidade na superfície da água (Branco, 1978), ou ainda, até mesmo pela tensão superficial. Estes organismos, mesmo após fixados tanto por formol quanto por solução de lugol, ainda permanecem na superfície, como se verifica frequentemente em laboratório; após a preparação da amostra para decantação, tanto em câmaras de Sedgwick-Rafter para leitura em microscópio comum, quanto em câmaras de Utermöhl para leitura em microscópio invertido, estes organismos ainda permanecerão na superfície da camada de água, não acompanhando o processo de decantação, como se vê na Foto 6. A resolução do problema da contagem em câmaras de Sedgwick-Rafter se torna relativamente simples, uma vez que apenas a mudança de foco e a realização de uma segunda leitura no plano superior da lâmina, considerando os organismos que porventura não sedimentaram, complementar a contagem. Quando utilizada a câmara de Utermöhl, em microscópio invertido, a solução de alteração de foco não pode ser aplicada, uma vez que a distância entre a superfície do líquido e a objetiva impede a aproximação suficiente para visualização dos organismos não sedimentados. Em função dessa dificuldade, verifica-se que a adição de 0,125 ml ou quatro pequenas gotas com a pipeta de 1 ml de detergente, para uma alíquota de 50 ml de amostra, proporciona, após 30 minutos da homogeneização, a decantação



desses organismos (Gherardi et alii, 1979). Por outro lado, a presença de detergente, tanto em contato com a solução de lugol quanto com o formol, produz alterações a nível de conteúdo celular, proporcionando aspectos diferentes do original. O técnico deve, então, se julgar oportuno e necessário, preparar duas câmaras de decantação, uma contendo amostra apenas preservada e outra contendo amostra preservada acrescentando detergente, com a finalidade de realizar duas contagens, uma vez que venha a sentir dificuldades na classificação de organismos quando na presença de detergente.

O detergente, por sua vez, apresenta ótimos resultados apenas em ambientes de água doce, sendo inviável sua utilização em ambientes marinhos ou mesmo onde a salinidade ultrapasse algumas partes por mil, apresentando uma reação de saponificação em que a amostra torna-se turva e leitosa, impedindo a leitura ao microscópio.

Em ambientes marinhos, o que se tem utilizado junto ao formol, quando se verifica a presença de cianofíceas na superfície da amostra, é a adição de 1 ml de solução de mertiolato para cada 100 ml de amostra, com resultados satisfatórios.

É importante salientar que foram frequentes as situações em que as cianofíceas permaneceram na superfície da amostra após a devida preservação, em condições bastante diversificadas, sendo detectadas em ambientes marinho, salobro, em lagos, rios, lagoas de estabilização, situações de floração e até mesmo em ambientes oligotróficos.

Quanto à porcentagem de algas que permanecem na superfície da amostra, não se encontrou nenhuma relação numérica constante, uma vez que a porcentagem variou entre 3 e 96% de organismos não sedimentados, num experimento efetuado com amostras de lagoa de estabilização, em que havia predominância absoluta de cianofíceas (ver Tabela 1). É importante também constatar que não se verificou obrigatoriedade na ocorrência desta não sedimentação, tendo sido analisadas amostras provenientes de florações, onde se encontram algas em todos os estágios de desenvolvimento, verificando-se que todos os organismos de-

TABELA 1 - Teste de contagem de Cianofíceas (*Oscillatoria* sp) com amostras da Lagoa Facultativa de Valinhos, SP, coletadas em maio de 1985

Níveis de Focalização	Organismos decantados (1º nível)	Organismos não decantados (2º nível junto à lamínula)	Total dos organismos	Porcentagem de erro
Reagentes	(nº org/ml)	nº org/ml	nº org/ml	%
Lugol (1 ml/l)	5508	133914	139422	96,04
Formol + lugol (2%) (1 ml/l)	5616	141846	147462	96,19
Lugol + mertiolato (1ml/l)(1 ml/250 ml)	4968	126915	131883	96,23
Formol (2%)	5114	132514	137628	96,28
Lugol + detergente	153511	5832	159343	3,66

Obs.: Contagens efetuadas em câmaras de Sedgwick-Rafter

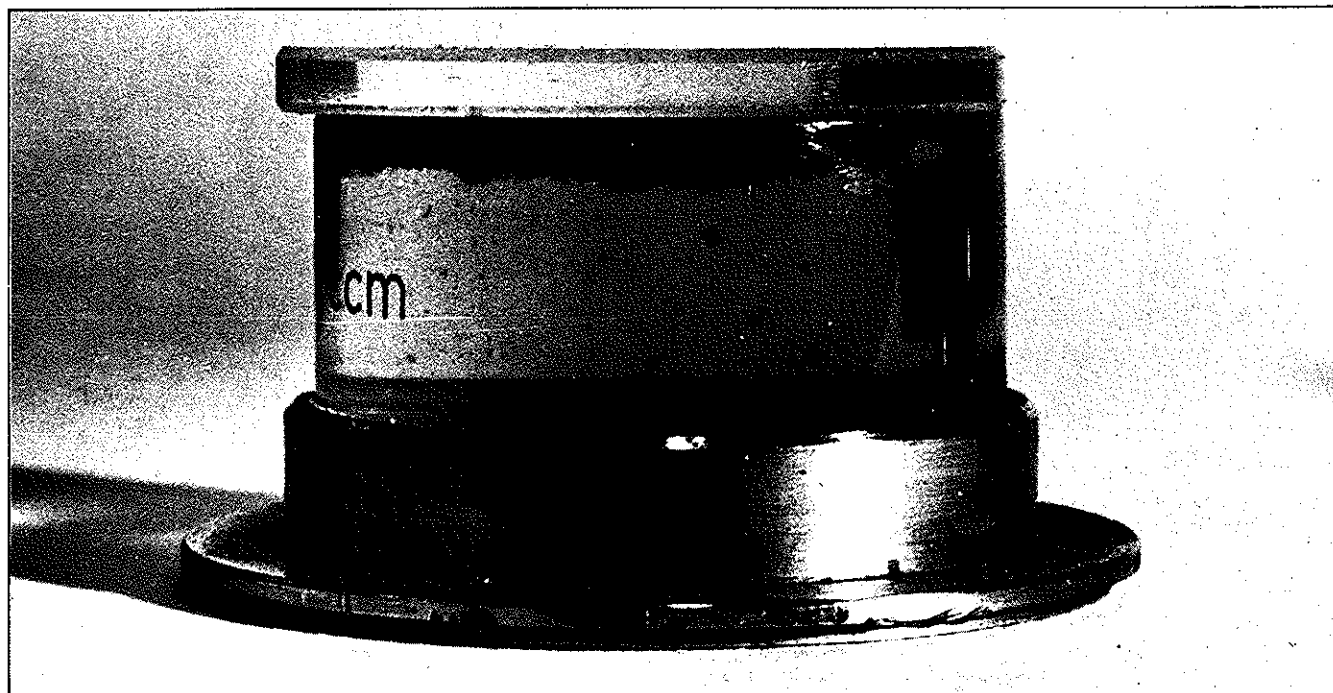


Foto 7 - Câmara de decantação Utermöhl com capacidade de 10 ml, com amostra proveniente de ambiente eutrofizado, mostrando colônias de *Microcystis* sp. não decantadas.

cantaram. Em outras ocasiões isso não ocorreu, tornando-se assim necessária uma melhor verificação da causa e condições que propiciam a decantação ou não dos organismos.

Um outro tipo de dificuldade encontrada na realização da contagem de algas refere-se a organismos que possuem formação em cadeia, como no caso de *Asterionella japonica*, especialmente em situação de floração. Estes organismos podem, muitas vezes, decantar de maneira que dificulte ou impossibilite a realização da leitura; como as diatomáceas são consideradas, na contagem, por número de células, a utilização de um aparelho de ultra-som em baixa frequência durante cinco minutos possibilita a ruptura da cadeia sem causar danos às células, propiciando a decantação de todas as células em um único nível, facilitando bastante a realização da contagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cuidado na observação dos diferentes aspectos apresentados é de extrema importância, acarretando minimização dos erros e, conseqüentemente, estimativas mais precisas da comunidade presente nos ambientes onde se coletou amostras, uma vez que erros da ordem de até 96% foram observados, podendo levar a interpretações errôneas com relação às características do ambiente considerado, no que se refere ao fitoplâncton.

As observações efetuadas reforçam a necessidade, já demonstrada, de uma padronização de metodologia, desde a coleta até o processamento final das amostras, a fim de que os resultados possam ser confiáveis, possibilitando comparação entre si.

REFERÊNCIAS

- BRANCO, S.M. *Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária*. São Paulo, CETESB, 2a. edição, 620 p., 1978.
- CETESB. *Determinação de fitoplâncton de água doce - Métodos qualitativo e quantitativo*. São Paulo, CETESB, Norma Técnica 15.303, 15 p., 1978.
- CETESB. *Guia para orientação de coleta e preservação de amostras*. São Paulo, CETESB (Relatório não publicado), 141 p., 1984.
- GOLDSTEIN, E. G., CHEN, Y. P. & NAVAS PEREIRA, D. Utilização de detergente para concentração de amostras de fitoplâncton de água doce por centrifugação. *Revista Engenharia Sanitária* 18 (4) : 438-441, 1979.
- HALLEGRAEFF, G. M. Scale-bearing and loricate nanoplankton from the East Australian Current. *Botanica Marina* XXVI: 493-515, 1983.
- LUND, J.W.G., KIPLING, C. & LECREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-162, 1959.
- MOESTRUP, O. Identification by electron microscopy of marine nanoplankton from New Zealand, including the description of four new species. *New Zealand J. Botany* 17 : 61-95, 1979.
- MOREIRA, G.S. Sobre a migração vertical diária do plâncton ao largo de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Bôlm Inst. oceanogr. S. Paulo* 25 : 55-76, 1976.

AVALIAÇÃO DO NÍVEL TRÓFICO DAS ÁGUAS DO MAR PEQUENO

Resultados iniciais¹

Pedro Antonio Zagatto²
Rosalina Pereira de Almeida Araújo³
Elenita Gherardi Goldstein²
Eduardo Bertoletti²

RESUMO - Desde o início do século passado, o Valo Grande, canal com 3 km de extensão, conduzia as águas do rio Ribeira de Iguape para o Mar Pequeno (um braço de mar). Em 1978 esse canal foi fechado, por vários motivos, entre eles o de tentar restabelecer as condições naturais do Mar Pequeno. Isso provocou na região uma série de problemas, destacando-se o das enchentes. A fim de fornecer subsídios a estudos mais amplos sobre as possíveis consequências ecológicas quando da reabertura desse canal e da forma como seria executada, foram realizados alguns testes de produtividade algácea, com *Skeletonema costatum*, segundo os métodos da EPA - Environmental Protection Agency (1971, 1974) modificados. Essa espécie foi inoculada na água do Mar Pequeno contendo diferentes proporções de água do rio Ribeira de Iguape. Verificouse que a água do rio apresentou características estimuladoras do crescimento algáceo. O máximo potencial foi alcançado numa primeira campanha na proporção de 10% da água do rio em relação à água do mar, na segunda na proporção de 30% e na terceira, de 20%, 40% e 50%. Essa proporção foi mais elevada à medida que a salinidade da água aumentava. O rendimento final máximo obtido no primeiro experimento foi de $1,84 \times 10^5$ células/ml, no segundo $1,65 \times 10^5$ células/ml, e $2,45 \times 10^5$ células/ml no terceiro experimento.

ABSTRACT - Trophic level of waters from Mar Pequeno (São Paulo State, Brazil) - preliminary results. Since the 1800's, the Valo Grande Channel, 3 km long, conducted the waters from Ribeira de Iguape river to Mar Pequeno (a sea inlet). This channel was closed in 1978, to return Mar Pequeno to its natural conditions. This attitude has lead to several problems, mostly flooding. In order to give support to more specific studies concerning the reopening of the channel and its consequences, some algal assays to assess the trophic level of the waters were conducted. The test species was *Skeletonema costatum*, and the EPA (1971, 1974) method was followed, with adaptations. The algae were inoculated in the water from Mar Pequeno, mixed with different proportions of Ribeira de Iguape river water. The river water has shown algal growth potential. The maximum value was detected in a first sampling occasion, in a 1:9 river water/sea water proportion, in a second occasion in a 3:7, and for a third one, in 2:8, 4:6 and 1:1. Those relations were higher with higher salinities. The maximum growth in the first experiment was 1.84×10^5 cells/ml; in the second, 1.65×10^5 cells/ml and in the third one, 2.45×10^5 cells/ml.

INTRODUÇÃO

O Mar Pequeno, localizado no litoral sul do Estado de São Paulo, é um braço de mar situado entre o continente e a Ilha Comprida. Esta região recebeu, desde o início do século passado até 1978, uma quantidade de água continental significativa, proveniente do rio Ribeira de Iguape, através da abertura de um canal denominado Valo Grande. Durante esse período, ocorreram profundas alterações ecológicas na região. Em agosto de 1978, esse canal foi fechado, com a finalidade principal de restabelecer as condições naturais do ambiente marinho. No entanto, devido a uma série de problemas que surgiram após o fechamento do Valo Grande, destacando-se entre eles o das enchentes, foi proposto um sistema de vertedores com comportas na barragem, que permitiria o escoamento do volume de água continental excedente para o Mar Pequeno.

A fim de fornecer subsídios a estudos mais amplos sobre as consequências ecológicas que poderiam ocorrer nesse ecossistema foram realizados alguns testes de produtividade algácea, que permitem avaliar o nível trófico ou nutricional de corpos d'água, bem como sua sensibilidade a mudanças ambientais (introdução de água doce no ambiente marinho).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de água em dois pontos de amostragem, representados na Figura 1: Ponto 1 - no rio Ribeira de Iguape, próximo à ponte da estrada Iguape-Biguá; Ponto 2 - no Mar Pequeno, próximo à Ilha Grande.

Em viagem prévia de reconhecimento da área, verificou-se que esta seria a estação de coleta no Mar Pequeno que teria provavelmente menor influência de água doce. Foram coletadas amostras de superfície, acondicionadas em frascos escuros de polietileno e transportadas em gelo. Dentro de um período de 24 horas após a coleta, as amostras foram filtradas em membrana de acetato de celulose de $0,45 \mu\text{m}$ de porosidade (Millipore HAWGO4700) e, quando necessário, pré-filtradas em membrana de fibra de vidro (Millipore AP20 04700). As membranas foram previamente lavadas com 50 ml de água destilada. Após a filtração, as amostras foram utilizadas, ou armazenadas a 4°C em frascos pirex esterilizados, até sua utilização no teste, quando foram novamente filtradas em membranas de acetato de celulose.

As amostragens foram realizadas em três ocasiões: janeiro, maio e julho de 1981. Durante a primeira coleta ocorreram fortes chuvas e inundações na região, quando a água do rio Ribeira de Iguape atingiu o Mar Pequeno devido ao transbordamento da barragem do Valo Grande. Nas demais não houve chuvas, as águas do rio permaneceram normalmente contidas pela barragem.

Foram realizados ensaios biológicos estáticos com *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, de cultura proveniente de exem-

¹ Trabalho apresentado no Simpósio "Algas - a Energia do Amanhã", no Instituto Oceanográfico da USP, 1982.

² Biólogos.

³ Farmacêutica-Bioquímica da CETESB.

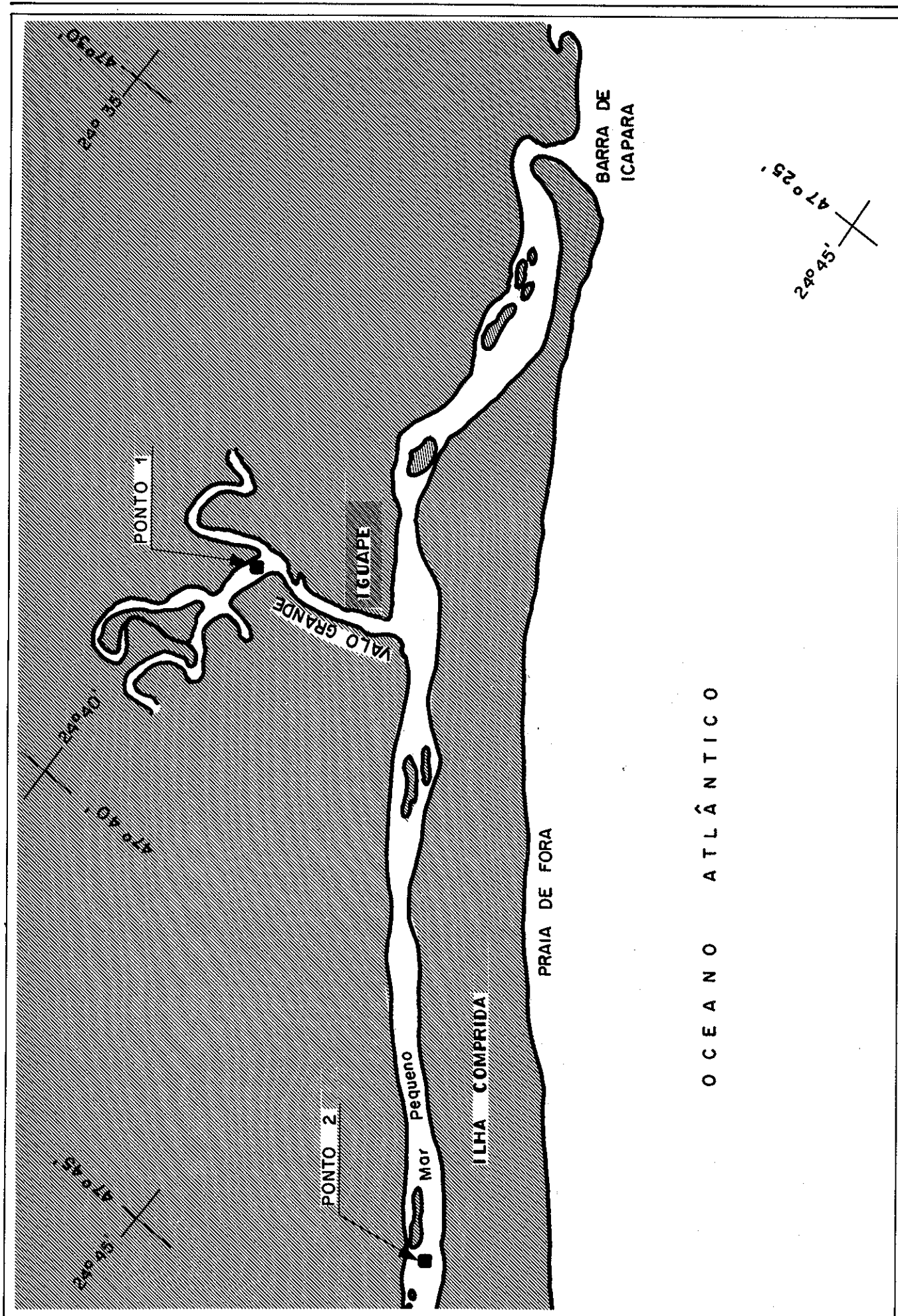


FIGURA 1 - Mapa da região estudada com a localização dos pontos de amostragem

plares isolados da região de Cananéia, cedida pelo Instituto Oceanográfico da USP. A cultura foi mantida em meio "f Guillard" (Guillard & Ryther, 1962, in Vieira, 1977).

O método utilizado para o teste foi o preconizado pela EPA (1971, 1974), tendo sido introduzidas algumas modificações (Vieira, 1975; CETESB, 1979). As condições mais relevantes são as seguintes:

- 100 ml do meio em frascos erlenmeyer de 250 e 300 ml;
- luminosidade: $3300 \pm 10\%$ lux;
- temperatura: 22 ± 2 °C;
- fotoperíodo: 13 horas luz/11 horas escuro;
- duração do experimento: 12 dias;
- determinação da biomassa: número de células/ml (contagem em câmaras de Sedgwick-Rafter);
- parâmetro de crescimento: "standing-crop" máximo;
- três réplicas por tratamento;
- inóculos: preparados a partir de culturas em fase exponencial de crescimento. As culturas foram centrifugadas duas vezes a 500-700 rpm por 20 minutos (primeira campanha) e 1.000 rpm por 10 minutos (segunda e terceira campanhas e ressuspensas em meio de cultura. Os inóculos foram preparados de tal forma que ao se introduzir 1 ml em cada frasco fosse atingida, no primeiro experimento, uma concentração inicial de cerca de 100 células/ml e nos demais 1.000 células/ml. As contagens foram realizadas em câmaras de Sedgwick-Rafter;
- disposição dos frascos erlenmeyer na bancada feita ao acaso, de acordo com tabelas preparadas diariamente (Fisher & Yates, 1971);
- lavagem da vidraria: com HCl 10% e água destilada.

Foi verificado o crescimento de *S. costatum* na água do Mar Pequeno e em diversas proporções desta com a água do rio Ribeira de Iguape, de acordo com os seguintes tratamentos:

- 1 - água do Mar Pequeno (100%)
- 2 - água do Mar Pequeno + 10% de água do rio Ribeira de Iguape;
- 3 - água do Mar Pequeno + 20% de água do rio Ribeira de Iguape;
- 4 - água do Mar Pequeno + 30% de água do rio Ribeira de Iguape;
- 5 - água do Mar Pequeno + 40% de água do rio Ribeira de Iguape;
- 6 - água do Mar Pequeno + 50% de água do rio Ribeira de Iguape;
- 7 - água do Mar Pequeno + 70% de água do rio Ribeira de Iguape;
- 8 - água do Mar Pequeno + 90% de água do rio Ribeira de Iguape;

- 9 - água do rio Ribeira de Iguape (100%);
- 10 - meio "f Guillard" preparado com água do Mar Pequeno;
- 11 - controle do inóculo: meio "f Guillard" preparado com água marinha utilizada na manutenção das culturas, proveniente de Ubatuba (SP).

Os dados foram analisados através de análise de variância, e foi calculada a última diferença significativa ao nível de 5% (Snedecor & Cochran, 1967).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos experimentos constam da Tabela 1, na qual são apresentados, para cada tratamento, os valores médios do "standing-crop" máximo e da razão de crescimento em número de divisões por dia, o dia no qual foi atingido o máximo de crescimento algal e a salinidade.

No primeiro experimento houve algumas interferências, como por exemplo a contaminação de alguns tratamentos com uma ou duas outras espécies de algas, possibilitando apenas que se determinassem evidências preliminares. Embora devam ser encarados com cautela, estes resultados constam do presente trabalho pois a amostragem foi realizada em período no qual as condições ambientais foram extremas, ou seja, elevada pluviosidade e inundações, sendo que a contribuição de água doce para o Mar Pequeno foi bastante elevada. A salinidade desta água foi de 10,6‰ no ponto 2 e, ao ser inoculada com 100 células/ml de *S. costatum*, sustentou um crescimento algal de até 120.000 células/ml. A adição de 10% de água do rio Ribeira de Iguape, atingindo uma salinidade de 9,6‰, promoveu ligeiramente o crescimento da espécie teste. Este crescimento foi praticamente o mesmo observado para a água do Mar Pequeno quando a esta se adicionou 20% de água do rio, atingindo uma salinidade de 8,9‰. Em diluições nas quais a salinidade foi de 7,5‰ e 6,4‰, o potencial de crescimento algal, embora tenha sido elevado, foi bem menor do que o observado para a água do Mar Pequeno. Nas diluições onde a salinidade foi igual ou menor que 5,5‰ não se observou crescimento notável das células.

Os experimentos subsequentes não sofreram as interferências constatadas no primeiro teste e, como no primeiro, permitiram verificar que a água do Mar Pequeno é sensível à introdução de água do rio Ribeira de Iguape ao potencial de crescimento algal avaliado através do crescimento de *S. costatum*.

No segundo experimento, a água do Mar Pequeno (salinidade 15,8‰), contendo 10%, 20% e 30% de água do rio, com salinidades de 14,3‰, 12,7‰ e 11,1‰ respectivamente, promoveu o crescimento algal a níveis estatisticamente significativos.

TABELA 1 - Resultados dos experimentos realizados

Época de coleta	Janeiro			Maio			Julho				
	Nº Máximo de Cél. /ml	Salinidade (%‰)	Dia do Crescim. Máximo	Nº Máximo de Cél. /ml	Salinidade (%‰)	Dia do Crescim. Máximo	Nº Máximo de Cél. /ml	Salinidade (%‰)	Dia do Crescim. Máximo		
AMP	120.120	10,68	11°	28.406	15,8	3°	2,16	174.431	16,81	5°	3,14
AMP + 10% ARI	184.774	9,63	11°	100.654'	14,32	3°	2,21	212.987	15,13	5°	3,07
AMP + 20% ARI	116.126	8,92	11°	141.863'	12,67	3°/4°	2,89	247.464'	13,45	4°	2,49
AMP + 30% ARI	53.508	7,51	11°	165.338'	11,11	3°/4°	3,30	205.979'	11,94	6°	2,48
AMP + 40% ARI	86.268	6,43	11°	62.232	9,61	3°	3,52	249.447'	10,25	6°	2,31
AMP + 50% ARI	1.940	5,54	9°/10°	72.779	8,04	4°/5°	1,72	247.799'	8,56	6°	2,55
AMP + 60% ARI	(1)	-	-	38.487	6,6	6°	1,69	136.281	6,86	6°	2,56
AMP + 70% ARI	1989	-	12°	20.755	5,1	10°/11°	1,23	114.317	5,07	7°/8°	2,03
AMP + 80% ARI	(1)	-	-	0	1,91(2)	-	-	99	3,64	9°/11°	-
AMP + 90% ARI	0	-	-	0	1,01(2)	-	-	213	-	3°/4°	-
ARI	0	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
Meio "f" + AMP	4.037.605	-	11°/12°	3.950.128	-	10°/11°	3,48	1.194.187	16,72	7°/9°	2,76
Meio "f" + água de Ubatuba	2.362.693	-	11°	1.583.616	30,87	4°/5°	2,88	2.332.595	-	11°	2,85
Temperatura média diária da solução teste (°C)	Máxima: 23,9 Mínima: 21,3 Média: 22,2			Máxima: 24,0 Mínima: 20,5 Média: 23,4			Máxima: 24,0 Mínima: 19,0 Média: 21,4				

(1) Não foi preparado o tratamento

(2) Medida em clorossidade

K = Razão de crescimento, em número de divisões/dia

= Diferença significativa em relação ao controle

AMP = Água do Mar Pequeno

ARI = Água do rio Ribeira de Iguape

TABELA 2 - Teores de nutrientes nas amostras de água coletadas nos Pontos 1 (rio Ribeira de Iguape) e 2 (Mar Pequeno)

Variáveis mg/l	1ª Campanha		2ª Campanha		3ª Campanha			
	Pontos de Coleta		1	2	1	2	1	2
Ortofosfato	0,025	0,01	0,045	0,015	0,09	0,05		
Fosfato total	0,185	0,055	0,11	0,14	-	-		
Nitrato	0,16	< 0,02	0,17	0,04	< 0,05	< 0,05		
Nitrogênio total	1,20	0,80	0,10	0,6	-	-		

Nos tratamentos contendo de 40% a 70% de água do rio Ribeira de Iguape, notou-se um crescimento algal elevado, porém não significativo em relação ao controle, sendo que a salinidade variou entre 9,6 e 5,1‰. Abaixo desta salinidade não houve crescimento algal. Em algumas réplicas observou-se a presença de células até o terceiro dia do experimento.

No terceiro teste, a água do Mar Pequeno (salinidade 16,8‰), contendo 20%, 40% e 50% de água do rio, com salinidades de 13,4‰, 10,2‰ e 8,6‰ respectivamente, promoveu o crescimento algal a níveis estatisticamente significativos. Nos demais tratamentos o crescimento algal foi elevado, porém não significativo em relação ao controle. Em diluições de água do mar nas quais a salinidade foi inferior a 5‰ foram observadas células de *S. costatum* até o terceiro ou quarto dia do experimento. As células de *S. costatum* utilizadas no segundo e terceiro experimentos apresentavam um diâmetro médio de $5,09 \pm 0,86 \mu\text{m}$ e $4,41 \pm 0,44 \mu\text{m}$ respectivamente.

Em experimentos semelhantes realizados com amostras de água da baía de Santos com a espécie *Phaeodactylum tricornutum*, os valores máximos de biomassa estimados através do número de células/ml estiveram em média ao redor de $1 a 4 \times 10^6$ em amostras de água de superfície (CETESB-IIOUSP, 1975). A cultura de *S. costatum* foi mantida em meio "f" com água proveniente da região de Ubatuba, a partir da qual foram preparados os inóculos para os experimentos.

A salinidade dos inóculos (cultura "mãe") variou entre 30 e 35‰. Pelos resultados apresentados por Aragão (1980), a espécie teste não deve ter sofrido choques osmóticos ao ser transferida para tratamentos com diferentes salinidades, à exceção daquelas contendo 80%, 90% e 100% de água do rio Ribeira de Iguape.

Foi observado que em menores salinidades o "standing-crop" máximo foi atingido após um maior tempo de incubação. Pela análise das curvas de crescimento (não apresentadas neste trabalho), verificou-se uma fase "lag" um pouco mais longa a partir do tratamento contendo 50% de água do rio Ribeira, acentuando-se muito no tratamento com 70% de água do rio.

A estimativa da razão de crescimento permitiu verificar que a maioria dos valores encontrados nos dois experimentos está coerente com os encontrados por Aragão (1980), embora as condições de luz e temperatura dos experimentos efetuados no presente trabalho tenham sido diferentes.

A viabilidade do inóculo foi testada através do crescimento em meio "f Guillard" com a água de manutenção. A água do Mar Pequeno enriquecida com as soluções nutrientes do meio "f" permitiu verificar a ausência de substâncias inibidoras do crescimento algal em concentrações efetivas.

A alga escolhida para os experimentos predominou no ponto de amostragem localizado no Mar Pequeno nas primeira e segunda campanhas e representou quase 20% do fitoplâncton total no mês de julho, na terceira campanha (CETESB, 1982).

Apesar do organismo utilizado ser representativo do ecossistema em estudo, a aplicação dos resultados de testes com o apresentado às condições ambientais é limitada, pois eles representam ecossistemas simples, em vez de sistemas complexos naturais nos quais predadores, competidores, parasitas e outros vivem em equilíbrio dinâmico, sujeitos a fatores sazonais e a numerosos outros fatores ambientais que com frequência permitem que uma ou outra espécie predomine periodicamente. Além disto, uma única alga-teste em um sistema simples e protegido pode responder de formas diferentes quando ocorrem mudanças ambientais e nutricionais.

Estes métodos, no entanto, são utilizados com frequência, pois são relativamente simples, de curta duração e requerem poucos equipamentos. Se o crescimento da alga-teste é estimulado por qualquer concentração de nutrientes, há evidência de que o material testado tem de fato um potencial para acelerar a eutrofização

das águas receptoras, embora um valor numérico deste potencial seja difícil de ser transferido para condições de campo. Foi esta a situação constatada nos três experimentos realizados com *S. costatum*, com amostras coletadas em condições bastante distintas.

Quanto aos nutrientes, verificou-se que os níveis de ortofosfato foram bem mais elevados no rio Ribeira de Iguape do que no Mar Pequeno, o mesmo ocorrendo com os níveis de nitrato, com exceção da terceira campanha (Tabela 2). Os valores de ortofosfato aumentaram da primeira para a terceira campanha: seus valores máximos coincidiram com os valores mais elevados de "standing-crop" máximo obtidos nos experimentos, apesar dos valores de nitrato estarem abaixo do nível de detecção.

CONCLUSÃO

A água do rio Ribeira de Iguape apresentou características estimuladoras do crescimento algal e portanto eutrofizantes. O máximo potencial foi manifestado na primeira campanha na proporção de 10% em relação à água do mar, na segunda na proporção de 30% e na terceira, de 20%, 40% e 50%. Esta proporção foi mais elevada à medida que a salinidade da água marinha era também maior.

O rendimento final máximo obtido no primeiro experimento foi de $1,84 \times 10^5$ células/ml, no segundo $1,65 \times 10^5$ células/ml e $2,49 \times 10^5$ células/ml no terceiro.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, E. A. *Alguns Aspectos da autoecologia de *Skeletonema costatum* (Greville) Cléve de Cananéia (25° S, 48° W), com especial referência ao fator salinidade*. Tese de doutoramento. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 1980, 140p., Tabs., Figs.
- CETESB/Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo. *Relatório sobre as pesquisas realizadas na região da Baixada Santista, visando estimar o grau de eutrofização*. São Paulo, Convênio CETESB, Instituto Oceanográfico da USP, 1975 (Relatório técnico, não publicado).
- CETESB, São Paulo. *Norma Técnica L5.321 - Determinação do potencial de crescimento algal*. São Paulo, CETESB, 1979, 11 p.
- *Levantamento preliminar das condições ecológicas atuais do complexo Valo Grande - Mar Pequeno*. São Paulo, CETESB, 1982 (Relatório técnico).
- EPA, Environmental Protection Agency. *Algal assay procedure bottle test*. National Eutrophication Research Program, Environmental Protection Agency, 1971, 82 p.
- *Marine algal assay procedure bottle test*. EPA 660/3-75008, Eutrophication and Lake Restoration Branch, National Environmental Research Center. Corvallis, Oregon, 1974, 43 p.
- FISHER, R. A. & YATES, F. *Tabelas estatísticas para pesquisa em Biologia, Medicina e Agricultura*. São Paulo, Editora da USP/Editora Polígono, 1971, 150 p.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. *Statistical Methods*. 6th. ed., Iowa State Univ. Press, U.S.A., XIV, 1967, 593 p.
- VIEIRA, A. A. H. *Estudos experimentais em fitoplâncton marinho: culturas e aspectos ecofisiológicos*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 1975.
- *Métodos de cultura de algas do plâncton marinho: estudos realizados nas regiões de Cananéia e de Ubatuba*, SP. *Bolm Inst. Oceanogr.* S. Paulo 26 : 303-338, 1977.

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS TÓXICOS DE ALGUNS SURFACTANTES A MOLUSCOS DA REGIÃO DE UBATUBA

Waldir Malagrino¹
Norival Pereira²
Aristides Almeida Rocha³

RESUMO - Com a finalidade de se avaliar os níveis tóxicos de alguns surfactantes (biorresistentes ou não) à fauna malacológica da região de Ubatuba (SP), foram desenvolvidos testes de toxicidade aguda, verificando-se também a taxa de recuperação de alguns dos moluscos expostos aos poluentes testados. As espécies *Littorina flava* e *Littorina zic zac* submetidas à ação do Marlon-A (Alquil benzeno sulfonato de cadeia linear) e Oronite-60 (Tetrapropileno benzeno sulfonato, de fraca biodegradabilidade) em teste estático, agudo, com 96 horas de duração, evidenciaram sofrer imediata toxicidade. A taxa de recuperação de alguns dos animais sobreviventes em precárias condições ao teste, efetuado visualmente quanto ao comportamento dos animais em águas limpas, indica a necessidade de no mínimo sete dias para haver o lento retorno às condições de normalidade. Infere-se portanto que, no ambiente natural, onde a presença de surfactantes biodegradáveis ou não é uma constante, são grandes as influências negativas às comunidades aquáticas, ainda que aparentemente estas possam parecer imperceptíveis.

ABSTRACT - In order to evaluate the toxic levels of some surfactants (either bio-resistant or not) to the fauna of mollusks of the surroundings of Ubatuba, São Paulo, the authors executed a series of tests to verify the acute toxicity and the rate of recovery of some of the mollusks, when exposed to the pollutant studied herein. The species *Littorina flava* and *Littorina zic zac*, submitted to the action of Marlon-A (linear ABS) and Oronite-60 (ABS with low biodegradability) in a static, acute test for 96 hours, seem to suffer immediate toxicity. The recovery rate of some of the animals that survived in bad conditions was verified visually, observing their behavior when taken back to clean waters, indicate that it takes at least seven days for the animals to return slowly to a normal pattern of behavior. One may thus conclude that in the natural environment, where the presence of surfactants either biodegradable or not is constant, the negative influences to the aquatic communities are intense, even though they may seem to be inexistent.

INTRODUÇÃO

O aumento das atividades humanas tem causado transtornos biológicos em várias regiões costeiras do Estado, provocados pela introdução no meio aquático marinho de efluentes domésticos e industriais contendo matéria orgânica, metais pesados, óleos, pesticidas, dispersantes de petróleo, detergentes etc.

Devido a frequentes acidentes em terminais petrolíferos, derrames de óleos de navios-tanque e vazamentos de oleodutos, está se tornando cada vez mais frequente o uso de detergentes. Estes, em lugar de resolver o problema de manchas de óleo no mar, acabam prejudicando as condições da biota marinha.

Na composição desses detergentes é possível encontrar-se agentes solvente-emulsificadores que são mais tóxicos do que o próprio petróleo ou que, em combinação com este, podem oferecer um sinergismo altamente tóxico (Hyland & Miller, 1979, Thompson & Wu, 1981).

As possibilidades de acidentes não são os únicos causadores da presença de detergentes em águas costeiras. Essas águas recebem também direta ou indiretamente (via estuários) efluentes industriais e domésticos contendo altas concentrações desses produtos, os quais, ao entrarem em contato com a água, promovem eutrofização, podendo ocorrer um sinergismo entre o agente tensoativo mais os "builders" (sais de fósforo e sódio). A resistência em biodegradar esses produtos deve-se muitas vezes à ausência da flora bacteriana e à estrutura ramificada desses compostos (Marchetti, 1965).

À medida que os detergentes penetram em quantidades apreciáveis nas águas que os recebem, alteram as propriedades físicas e químicas, rompendo o equilíbrio biológico e os processos

de autopurificação. O perigo especial dos detergentes é que eles são tóxicos aos organismos aquáticos, mesmo em baixas concentrações, particularmente no caso de exposições crônicas, podendo ainda incorporar outros poluentes, como já foi salientado.

Os animais aquáticos que vivem próximos às praias, ou nas praias, podem ser atingidos por esses produtos químicos, levando-se em conta a acelerada dinâmica das águas marinhas. O uso de agentes dispersantes para tratar manchas de óleo é muitas vezes controverso. Uma das causas dessa controvérsia é a eventual toxicidade com vistas aos organismos responsáveis pela degradação de hidrocarbonetos em ambiente natural (Smith, 1968).

Como já foi ressaltado, tem sido demonstrado por vários pesquisadores que os detergentes empregados para remover poluição por petróleo são mais danosos que o próprio petróleo, para a vida aquática nas praias. Esses detergentes têm causado, com sua toxicidade, a morte de muitas espécies de crustáceos e moluscos de regiões entremarés. Efeitos desses produtos sobre o crescimento da concha, habilidade em obter alimentos e mortalidade, foram estudados no laboratório e no campo com o gastrópode *Nucella lapillus* (Bryan, 1969). Os resultados mostraram que menores concentrações de detergentes são apreciavelmente mais tóxicas para animais pequenos de que para animais de grande porte. Hyland & Miller, 1979, estudando os efeitos do petróleo e dispersantes sobre o gastrópode *Ilyanassa obsoleta*, verificaram que concentrações entre 0,43 ppm e 0,015 ppm afetam o aparelho quimiorreceptor desses animais. Tal aparelho é essencial para a vida dos moluscos na procura do habitat, do companheiro, para sua agregação, localização do alimento e para evitar predadores.

Com a finalidade de avaliar os níveis tóxicos de alguns surfactantes (classificação como biorresistentes ou não) à fauna malacológica da região de Ubatuba, foram desenvolvidos testes de toxicidade aguda no Laboratório de Hidrobiologia e Físico-Química do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP - Universidade de São Paulo. Foi verificada também a taxa de recuperação de alguns dos moluscos expostos a esses poluentes.

¹ Biólogo do Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da USP

² Químico do Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da USP

³ Biólogo da CETESB e Professor Adjunto da Faculdade de Saúde Pública da USP

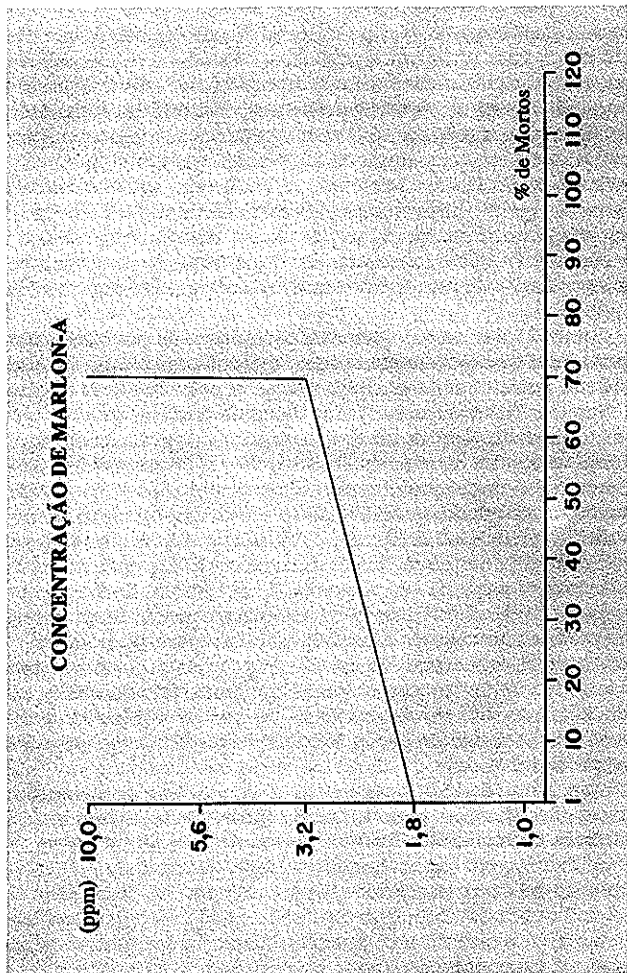


FIGURA 1 - Littorina zic zac

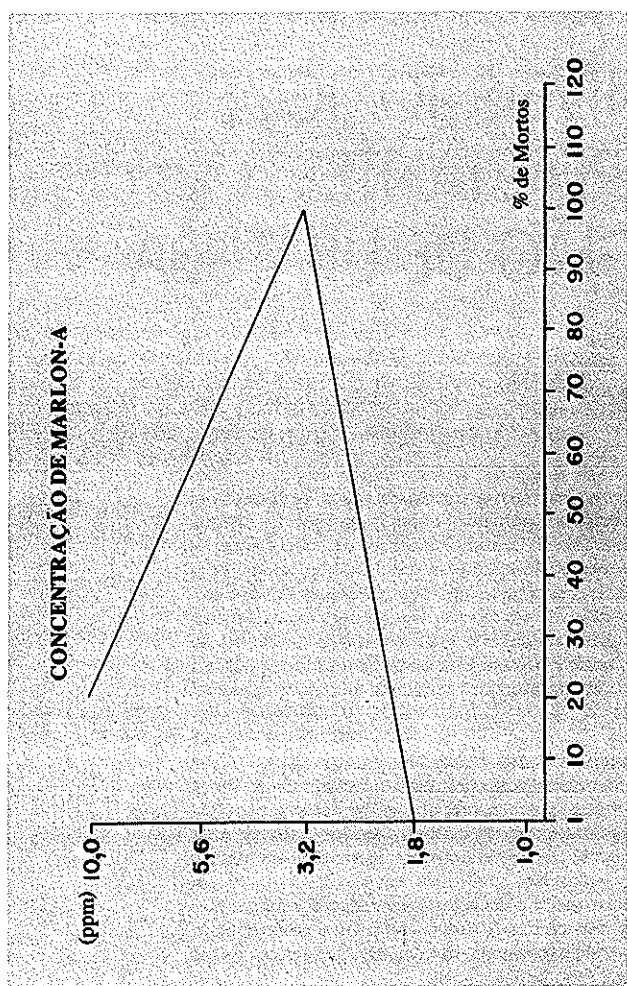


FIGURA 2 - Littorina flava

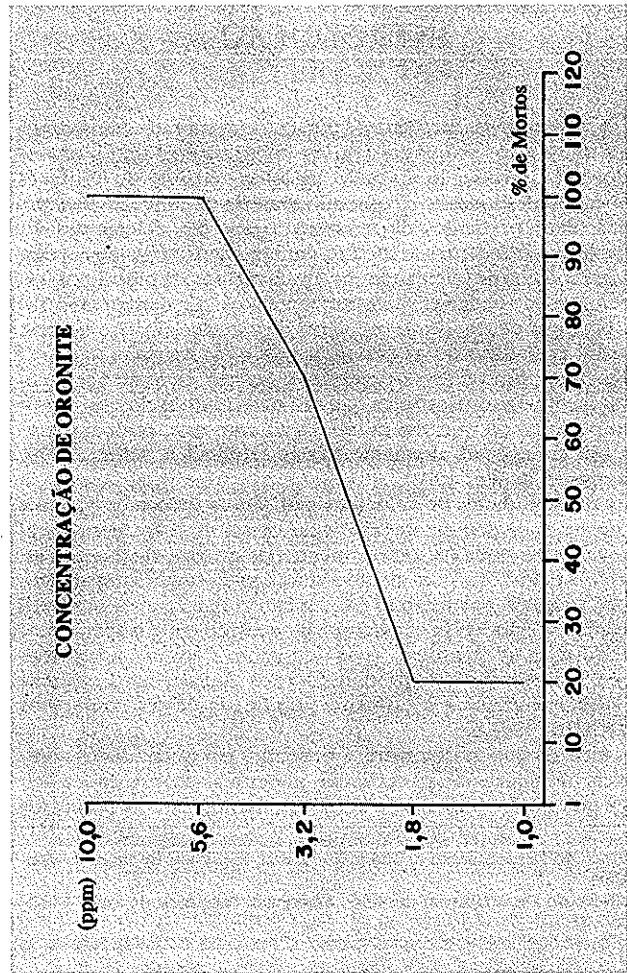


FIGURA 3 - Littorina zic zac

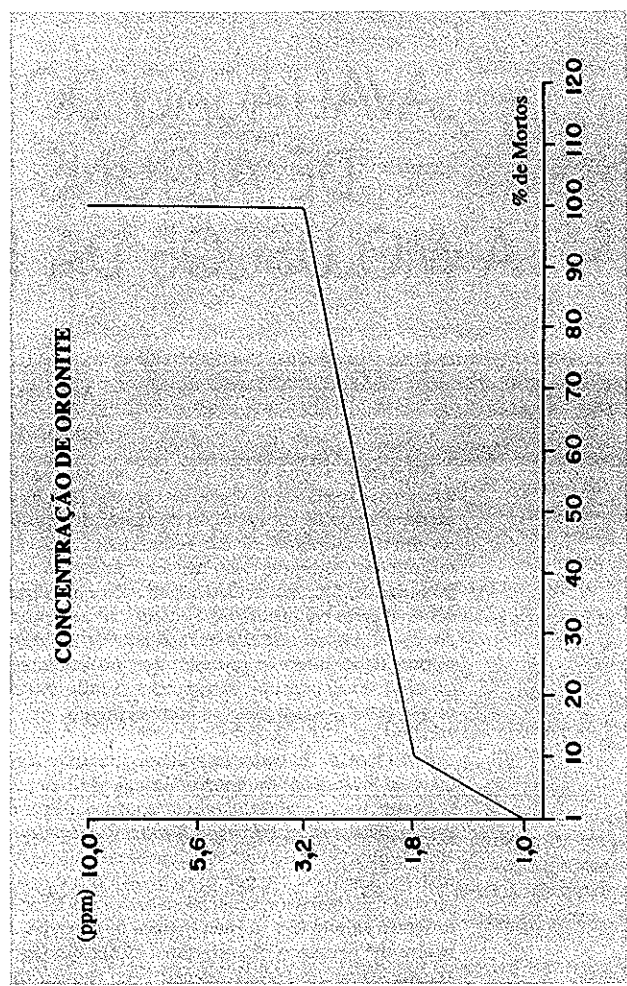


FIGURA 4 - Littorina flava

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e Aclimação do Organismo Teste

Espécimes de *Littorina flava* e *Littorina zic zac* que vivem presas em substratos rochosos localizados na praia de Maranduba, em Ubatuba, foram coletadas com o auxílio das mãos durante a maré baixa. Os animais foram transportados para o laboratório, onde foram aclimatados, conforme preconiza a EPA - Environmental Protection Agency, 1974, durante uma semana antes dos testes, e foram alimentados com mistura de algas.

Considerações Gerais sobre as Espécies Testadas

Esses moluscos são componentes habituais da franja supralitoral, vivendo tanto submersos quanto emersos. Durante os períodos de submersão, a temperatura é parcialmente constante, não acarretando problemas aos teores de oxigênio, gás carbônico e concentrações de nutrientes e número de microrganismos. Desta forma, os organismos desempenham suas funções essenciais quando submersos.

Na emersão os animais estão sujeitos a variações bruscas de temperatura, salinidade e dessecação. Quando esses fatores alcançam valores extremos, os organismos reduzem suas atividades. O fator que sofre maior flutuação é a temperatura, devido à ação do sol e à condução de calor pelas rochas. Esses organismos são abrigados em locais onde as rochas sofrem maior erosão.

Procedimento dos Testes

Os poluentes utilizados foram detergentes aniônicos:

a) Marlon-A - Alquil benzeno sulfonato de cadeia linear, biodegradável, de peso molecular médio 342, contendo 62,2% surfactante ativo;

b) Oronite-60 - Tetrapropileno benzeno sulfonato, fracamente biodegradável, de peso molecular médio 362, contendo 87,7% de surfactante ativo.

O teste escolhido foi o estático, agudo, com 96 horas de duração. Foram realizados vários testes preliminares e, a partir destes, estabeleceu-se o intervalo limite de sensibilidade dos organismos. Foi testada apenas uma espécie de um detergente de cada vez.

As concentrações utilizadas foram 1,0; 1,8; 3,2; 5,6; 10 ppm e mais o controle. O número de organismos foi de dez por concentração e os recipientes utilizados eram de vidro com tampa e volume de 150 ml cada, sem aeração.

O tamanho dos caracóis selecionados para os testes variaram de 5 a 10 mm no comprimento da concha. Caracóis com conchas desgastadas não foram usados.

Os animais foram submetidos a um regime artificial de marés e estudou-se a toxicidade relativa dos dois tipos de detergentes. Paralela ao regime de marés, foi observada a taxa de recuperação dos animais, tendo em vista o comportamento dos sobreviventes após o período de testes.

As condições físicas de *L. flava* e *L. zic zac* foram testadas tendo em vista a habilidade de aderência nas paredes ou no fundo do recipiente. Se os organismos se fixassem ao substrato, eram considerados sãos; se quando eles fossem tocados com bastão de vidro e colocados em água limpa, ou quando fosse testada sua fotossensibilidade, não reagissem, eram considerados moribundos ou mortos. O animal vivo abria seu opérculo após alguns minutos em água limpa.

TABELA 1 - Parâmetros físico-químicos durante o teste

Concentração (ppm)	Parâmetro		
	pH	T °C	S%
1,0	7,33	21	35,038
1,8	7,26	22	35,538
3,2	7,35	22	35,600
5,6	7,30	21	35,040
10,0	7,33	22	35,538
Controle	7,35	21	35,640

RESULTADOS

A porcentagem de mortos das espécies testadas em diferentes detergentes é mostrada nas Figuras 1, 2, 3 e 4. Os parâmetros físicos e químicos encontram-se na Tabela 1.

Tanto na presença de Marlon-A, quanto na de Oronite-60, os organismos do teste evidenciaram sofrer toxicidade imediata.

DISCUSSÃO

A análise dos dados inseridos nas Figuras 1, 2, 3 e 4 possibilita verificar que detergentes ainda que biodegradáveis, como o Marlon-A, trazem como consequência uma toxicidade, que é fortemente acentuada a partir de concentrações de 2,7 ppm na água. Quanto ao Oronite-60, um surfactante não biodegradável ou recalcitrante, sua toxicidade se faz sentir já em concentrações abaixo de 2,5 ppm, como se depreende da análise das Figuras.

Tais influências negativas são evidenciadas pelas modificações do comportamento do animal, chegando até a morte, mesmo considerando que tais animais possuem uma concha protetora e um opérculo que se fecha imediatamente quando o meio se torna adverso. Esta toxicidade dos detergentes sofre também influência sinérgica, de acordo com as condições físico-químicas da água.

No presente caso, na Tabela 1, esses fatores praticamente não tiveram influência, pois o pH, temperatura e salinidade foram controlados a níveis praticamente constantes, sem que houvesse bruscas oscilações.

Utilizando-se animais sobreviventes, foram realizados testes de recuperação em águas limpas através de observação visual. Essa investigação possibilitou verificar que existe um apreciável intervalo de tempo (sete dias em média) para uma recuperação dos animais do teste. A abertura do opérculo é bastante lenta, bem como a procura e localização do alimento. Tais observações possibilitam inferir que no ambiente natural, onde os lançamentos são contínuos, as consequências sobre o comportamento poderão também levar a severas sequelas, limitando a sobrevivência desses moluscos.

CONCLUSÕES

A proteção da água contra a ação dos detergentes e seus surfactantes é um dos mais importantes fatores para a preservação da ecologia aquática, em todos os países industrialmente desenvolvidos ou em fase de desenvolvimento.

Os surfactantes possuem grande efeito adverso sobre invertebrados e peixes. Assim, sua presença na água precisa ser estritamente controlada.

Todos os fatores que têm influência na toxicidade de surfactantes dos detergentes sintéticos precisam ser levados em consideração quando concentrações máximas permissíveis estão sendo determinadas. Assim, para as condições do presente bioensaio, com temperatura, salinidade e pH controlados, as concentrações de toxicidade existentes para o Marlon-A e Oronite-60 situam-se entre 1,8 a 3,2 ppm e 1,0 e 1,8 ppm respectivamente.

REFERÊNCIAS

- 1- BRYAN, G.W. The Effects of Oil-Spill Removers (Detergents) on the Gastropod *Nucella lapillus* on a Rocky Shore and in the Laboratory *J.mar.Biol.Ass. U.K.* 49-1067, 1092, 1969.
- 2- EPA-Environmental Protection Agency, USA Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes-EPA 625/6-74003 a, 1974.
- 3- HYLAND, J.L. & MILLER, D.C. Effects of n° 2 Full Oil on Chemically - Evoked Feeding Behavior of the Muel Snail, *Ilyanassa Obsoleta* - Proceedings Oil Spill Conference. API Publ. n° 4308. Am.Petroleum Instit. 2101 L. Street, N.W.Wash. DC. 20037, 1979.
- 4- MARCHETTI, R. Critical Review of the Effects of Synthetic Detergents on Aquatic Life General Fisheries Council of the Mediterranean, Studies and Reviews n° 26 F.A.O. Rome, 1965.
- 5- SMITH, J.R. "Torrey Canyon" Pollution and Marine Life. 196 pp. Cambridge University Press, 1968.
- 6- THOMPSON, G.B. & WU, S.S.R. Toxicity Testing of Oil Slick Dispersants in Hong Kong - *Marine Pollution Bulletin*. 12 - 7:233-237, 1981.

SANEAMENTO DE BAIXO CUSTO, UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA

Antônio Carlos Rossin¹
José de Araújo de Oliveira Santos²

RESUMO - Os autores mostram a importância sanitária e econômica do Saneamento para o controle das doenças intestinais, apresentando as Tecnologias de Baixo Custo como capazes de permitir ao Brasil o cumprimento das metas da Década Internacional de Abastecimento de Água e Saneamento. Após descrever as tecnologias disponíveis, referem-se aos critérios de escolha da mais adequada, dando especial ênfase ao Saneamento Progressivo. Concluem recomendando, principalmente, incremento de pesquisas e de divulgação de Tecnologias de Baixo Custo, subvenção governamental aos programas para sua implantação e desenvolvimento dos trabalhos por equipe multiprofissional, com a imprescindível participação da comunidade.

ABSTRACT - This paper shows the sanitary and economic importance of Sanitation to the control of intestinal diseases, pointing Low Cost Technologies as a means for Brasil to meet the goals of Water Supply and Sanitation International Decade. After describing available technologies, the best choice criteria are referred with special emphasis on Progressive Sanitation. Among its final recommendations it includes increasing Low Cost Technology research and publishing of results, financial support from government to implementation programs, and development of the work by multiprofessional team with the indispensable participation of the community.

INTRODUÇÃO

A inexistência ou inadequabilidade do afastamento e disposição final dos dejetos humanos constitui, ainda hoje, um dos mais sérios problemas de saúde pública em inúmeras regiões do mundo. Como esse quadro ocorre geralmente em locais onde outras condições de higiene e saneamento também são precárias, é difícil conhecer com exatidão a amplitude da influência desempenhada pela disposição dos excretos na transmissão de moléstias. De qualquer forma, é incontestável a existência de relações diretas entre a adequada disposição de dejetos e a saúde - tais como a diminuição das moléstias cujos agentes etiológicos são encontrados nas fezes humanas - e de relações indiretas, como o aumento da esperança de vida, progresso social, diminuição de morbidade e decréscimo da mortalidade por outras moléstias cuja etiologia não esteja diretamente associada aos excretos ou ao abastecimento de água (Efeito Mills-Reincke).

No Brasil, a mortalidade infantil atinge, em média, 100/1.000 nascidos vivos. Existem áreas privilegiadas com 30/1.000 nascidos vivos, mas, em contrapartida, há outras onde o índice sobe para até 250/1.000 nascidos vivos. A absoluta maioria desses óbitos deve-se às doenças intestinais, que representam mais de 10% da mortalidade geral. Tais índices traduzem eliminação de ponderável parcela da força de trabalho nacional.

A cadeia de transmissão das doenças intestinais pode ser esquematizada conforme a Figura 1 e depende do número de agentes patogênicos excretados; da carga de agentes patogênicos que atingem o indivíduo sadio e da suscetibilidade deste.

Uma vez instalada a doença, apresenta-se uma série de perdas econômicas decorrentes de perda de salário e sua reposição pelo órgão de previdência; transporte, hospitalização e tratamento do doente; parcela da operação e manutenção das instalações e serviços de saúde (hospitais, laboratórios, centros de saúde etc.), e do preparo de pessoal.

Na ocorrência de uma epidemia, aumentam significativamente os prejuízos econômicos, pois multiplica-se a necessidade de transporte, hospitalização e tratamento, e de prevenção e controle (imunização, quimioprofilaxia, desinfecção e saneamento de emergência). Se a doença é de alto risco, como a febre tifóide, por exemplo, adicionam-se outros prejuízos relacionados com as restrições impostas pelas autoridades sanitárias de outros países ao tráfego, ao turismo, e às importações procedentes da região onde se verificou o foco da doença. Para áreas endêmicas de cólera, Barua & Burrows estimam esses custos por habitante entre US\$ 27.12 e US\$ 42.20 e, para áreas não endêmicas, em US\$ 83.20. Há, entretanto, um modo seguro de evitar tais despesas, impedindo a transmissão não só da cólera e da febre tifóide, como também de todas as outras doenças intestinais: é a aplicação das medidas de saneamento que visam a isolar as fezes humanas de qualquer contato com a água, com o solo, com o homem e com os vetores.

O custo de implantação, operação e manutenção dessas medidas varia com a natureza da ocupação da área a servir, mas é

¹Engenheiro Químico e Sanitarista da CETESB, Mestre em Saúde Pública, Doutor em Saúde Pública.

²Engenheiro Civil e Sanitarista da CETESB.

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS

certamente menor do que o das medidas corretivas. Comparando-se o custo das medidas de saneamento com a economia de tratamento dos casos evitados pela sua adoção, obtém-se uma relação custo-benefício que vai se reduzindo à medida que se amplia a gama de doenças intestinais evitadas. Citam-se como benefícios, muitas vezes de difícil ponderação: o bem-estar do indivíduo sadio, o aumento da sua vida média, sua maior disposição e disponibilidade para o trabalho etc.

Todavia, os recursos materiais disponíveis para saneamento, no Brasil, que atingiram um clímax quantitativo no início desta década, sofreram drástica redução a partir de 1982, compelindo a Engenharia Nacional a desenvolver e adaptar tecnologias capazes de atingir os objetivos visados, a custos reduzidos, compatíveis com a crise econômico-financeira que castiga o Brasil. Convencionou-se chamar esses produtos da criatividade da Engenharia Sanitária de "Tecnologias de Baixo Custo". Como todo trabalho de saneamento, a implantação, operação e manutenção das Tecnologias de Baixo Custo envolvem a participação da comunidade, pois exigem dos seus usuários elevado senso de cooperação e espírito fraterno, além de mudança de hábitos higiênicos, motivada por sensibilidade a ações educativas.

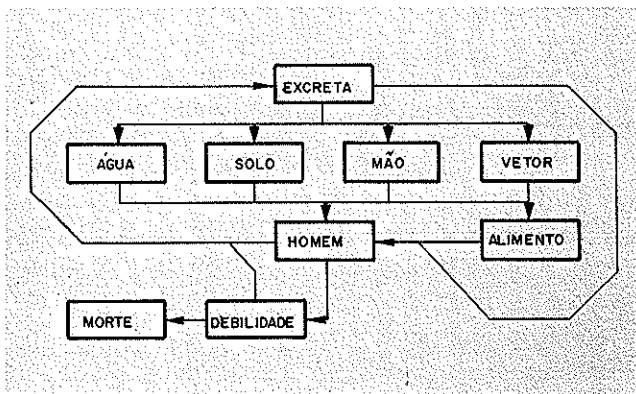


Figura 1 - Cadeia de transmissão das moléstias de origem fecal

As soluções sanitárias para o destino dos dejetos humanos podem classificar-se em dois grandes grupos: o das que dispensam transporte hídrico (tipo seco) e o das que não o dispensam (tipo úmido). Um e outro abrangem tecnologias que permitem dispor os dejetos no próprio local de produção ou então fazê-lo longe dali. As seis etapas que compõem esses processos podem ser selecionadas e combinadas de diversas maneiras, de modo a formar um sistema de esgoto completo (Figura 2). A classificação geral dos sistemas sanitários domiciliares é apresentada na Figura 3.

Considerações sobre as várias soluções apresentadas na Figura 3:

a) Soluções de coleta e tratamento sanitários no local de produção:

Fossa Seca: É a solução mais simples e barata e pode ser implantada e operada pelo próprio usuário. Os dejetos são excretados diretamente na fossa e aí sofrem um processo de decomposição principalmente aeróbia.

Privada de Compostagem: É um sistema individual de compostagem. O processo pode ser tanto aeróbio quanto anaeróbio e para se obter um produto passível de ser utilizado como condicionador do solo deve-se manter uma relação adequada de Carbono/Nitrogênio (C/N).

Privada de Descarga Fraca: Vaso sanitário especial sifonado (de descarga fraca) acoplado a um sumidouro ou tanque séptico. Funciona com caixa ou válvula de descarga.

Tanque Séptico: É um recipiente estanque e enterrado ao qual vão ter as águas residuárias do domicílio, para tratamento primário. Existem estudos acerca das vantagens da fossa séptica de três compartimentos para áreas de grande densidade demográfica (4).

Fossa Hídrica: Pequeno tanque séptico localizado diretamente abaixo da plataforma da fossa dispensando a bacia sifonada; é preenchido com água a fim de se manter um selo hídrico.

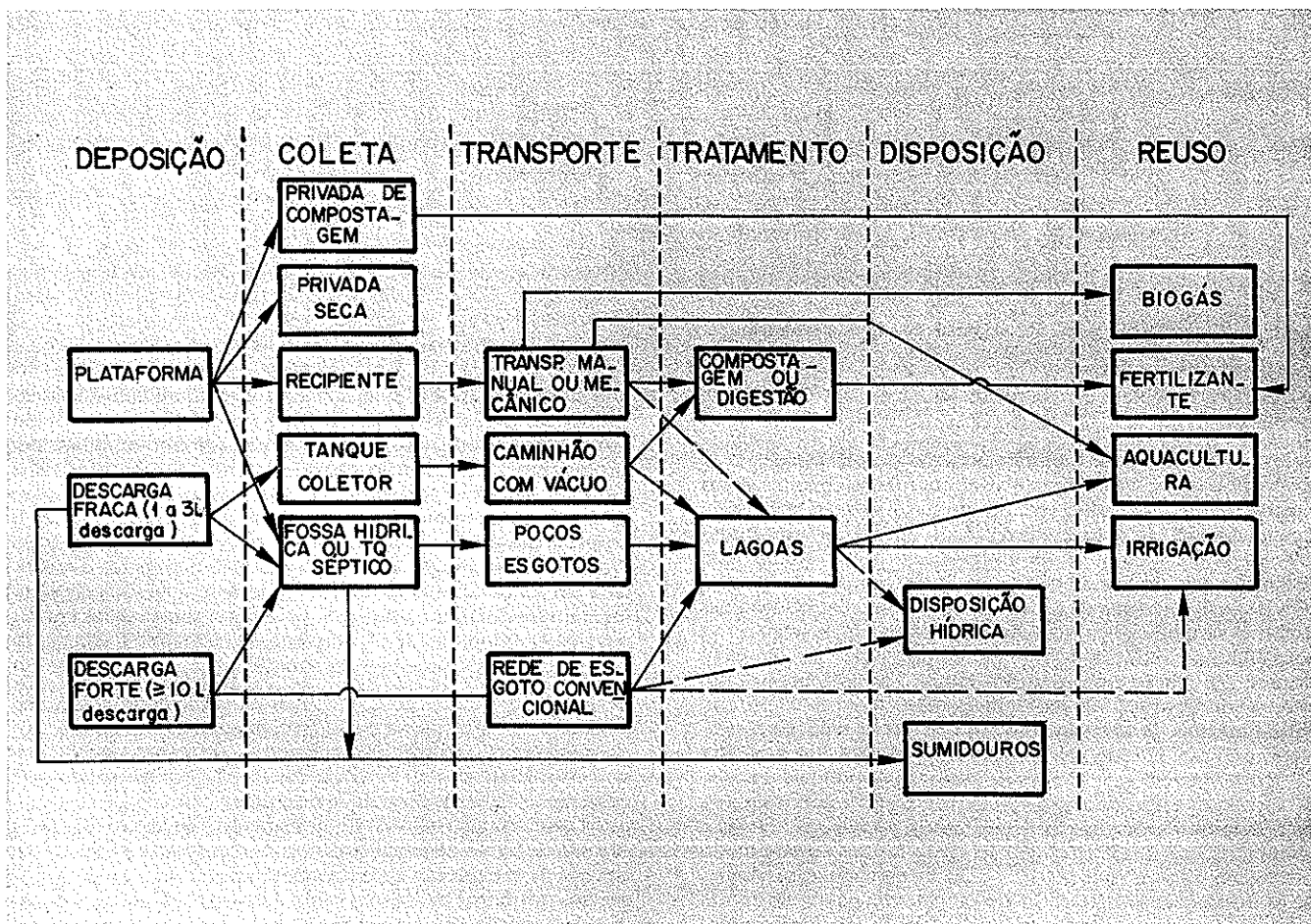


Figura 2 - Processos de disposição sanitária e suas combinações (1)

SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

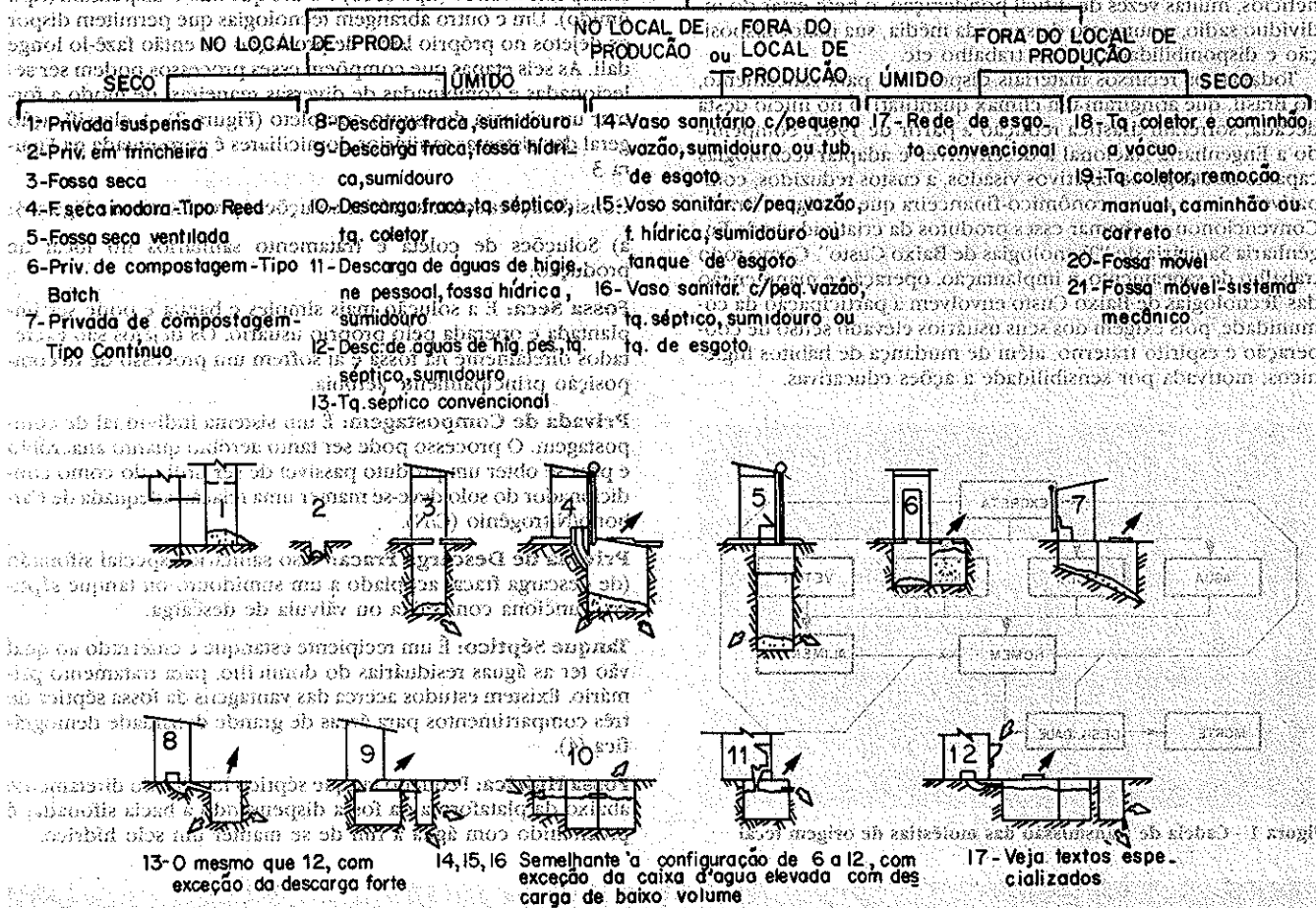


Figura 3. - Classificação geral dos sistemas de esgotos sanitários

b) Soluções de coleta e tratamento sanitário fora do local de produção:

Coleta e Afastamento: Considerando que a implantação da rede coletora consome até 80% do investimento total em um sistema convencional, a pretendida redução de custos deve basear-se fundamentalmente em reduzir a extensão, o diâmetro e a profundidade de assentamento das tubulações. A SABESP - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo vem conseguindo reduções de custo de obras da ordem de 30% com a introdução das seguintes simplificações nas soluções convencionais sob sua responsabilidade: redução do número de poços de visita convencionais; adequação estrutural dos ramais prediais, permitindo eventual desobstrução da rede através deles; redução da profundidade máxima de assentamento dos coletores e redução do diâmetro mínimo da rede coletora de 150 mm para 100 mm. Mas é forçoso obterem-se reduções de custos mais ponderáveis ainda. É preciso exercitar a engenhosidade e partir para soluções mais simples. Razões culturais impelem a população brasileira a implantar suas instalações sanitárias nos fundos da casa ou do lote. Assim, seriam encurtadas consideravelmente as distâncias até as instalações sanitárias, se a rede coletora passar no fundo dos lotes. É impossível obter-se este resultado sem a aquiescência consciente de cada proprietário. Mas se a passagem for per-

mitida, pode-se reduzir drasticamente a profundidade do assentamento, o qual é feito sob a orientação de um técnico e pelo próprio interessado, que assume também a responsabilidade pela operação e manutenção daquele trecho. Os poços de visita são substituídos aí por simples e rasas caixas de passagem, ao mesmo tempo em que se usam diâmetros menores e se ativa o espírito comunitário. Em todos estes aspectos, a experiência do Rio Grande do Norte se torna cada vez mais conhecida e respeitada em todo o Brasil. Os traçados de rede adotados classicamente, apresentados na Figura 4, podem ser substituídos em determinadas condições, pelo apresentado na Figura 5, com grande redução nos custos de implantação.

Tratamento: Para reduzir os custos de tratamento, a seguinte orientação geral pode ser dada: fracionamento em vários locais convenientemente disponíveis; emprego de tecnologias de baixo custo; aumento da eficiência das instalações eventualmente existentes e aumento do grau de tratamento com o passar do tempo. Entre as alternativas de tratamento, citam-se: decantodigestores, lagoas de estabilização, confinamento dos esgotos em trechos de mangueiais após tratamento primário, passagem dos esgotos por filtros biológicos rudimentares, e tanque Imhoff, indicado para substituir o tanque séptico nas áreas com populações maiores.

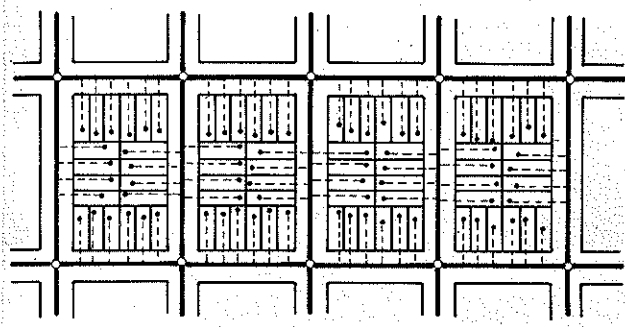


Figura 4 - Rede coletora de esgotos - Esquema da solução convencional

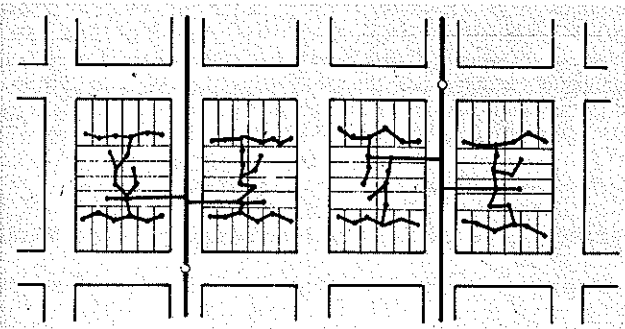


Figura 5 - Rede coletora de esgotos - Esquema de solução comunitária

c) Soluções de Reuso:

Atualmente se está caminhando para a "sociedade de reuso": os resíduos, antes desprezados, tornam-se grandes recursos da humanidade. Os excretos humanos e o esgoto doméstico contêm vários nutrientes essenciais ao crescimento de plantas terrestres e aquáticas. O reuso é feito por necessidade ou com o objetivo de controle ambiental.

Reuso na Agricultura: Pouco conhecido, ainda, quanto aos riscos à saúde, à influência na estrutura do solo e à assimilação de metais pesados pelas culturas.

Aquicultura: Refere-se à criação de peixe em água doce; criação de organismos em água salgada; produção de algas e/ou produção de macrófitos aquáticos. Conhecimentos práticos menos limitados no que diz respeito à criação de peixes.

Compostagem: Processo biológico que converte resíduos sólidos orgânicos em produto estável cuja principal aplicação é como condicionador de solos. Para otimização da relação C/N, normalmente misturam-se os excretos ou o lodo das ETEs - Estações de Tratamento de Esgotos com resíduos sólidos municipais e/ou industriais biodegradáveis.

Biogás: Gás resultante da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos. O gás ($2/3 \text{ CH}_4$ e $1/3 \text{ CO}_2$) constitui uma fonte de energia barata e o lodo e o efluente do sistema são ótimos condicionadores de solo. Frente à crise energética, o número dessas instalações está crescendo consideravelmente.

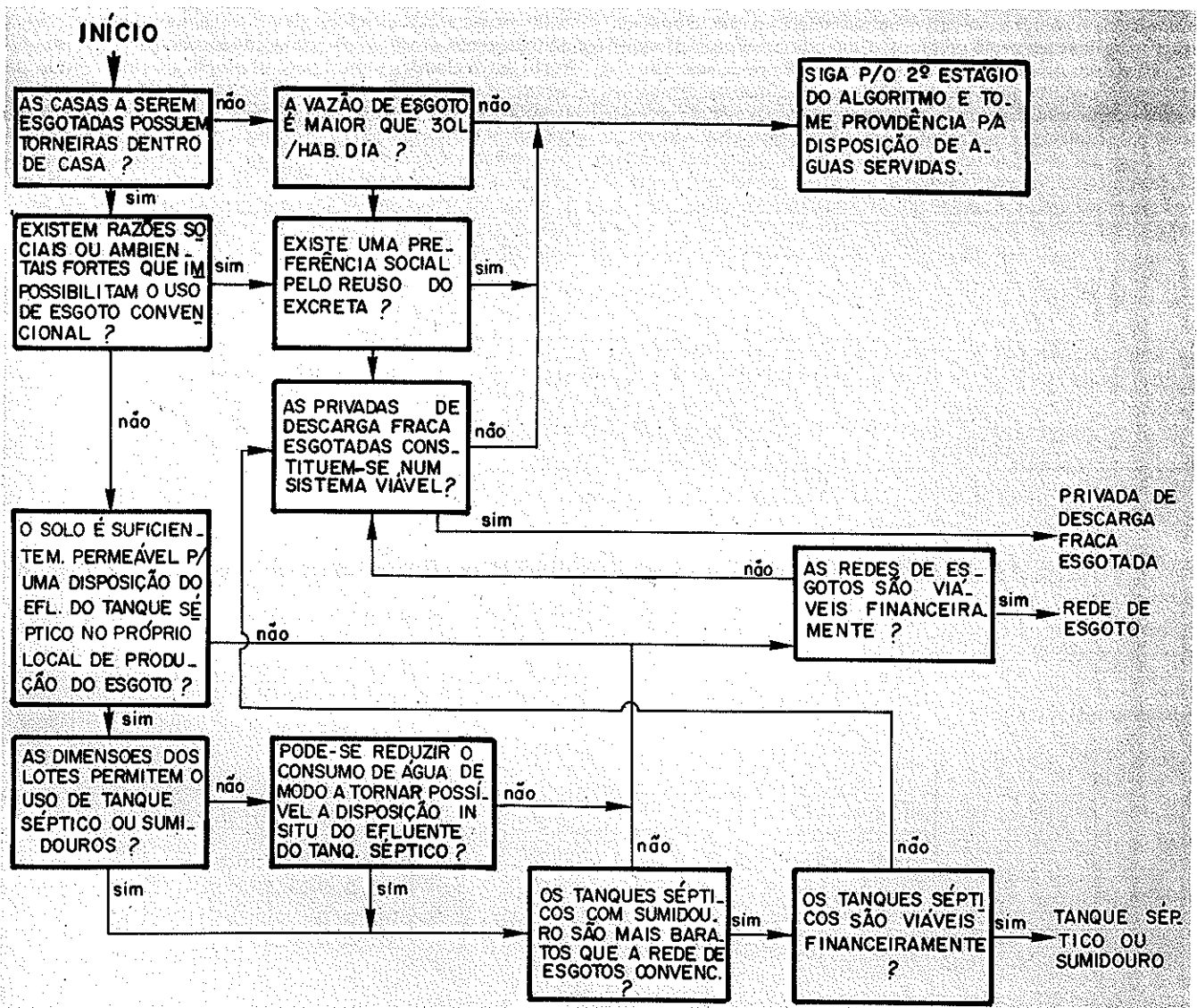


Figura 6 - Algoritmo para seleção da tecnologia de sistema de esgotos sanitários - 1ª etapa (5)

ESCOLHA DE TECNOLOGIA MAIS ADEQUADA

Até aqui foram introduzidas, sob o ponto de vista técnico, embora de forma genérica, as várias opções para o problema de coleta e tratamento de esgotos domésticos. Agora procurar-se-á apresentar alguns subsídios para o processo de escolha da tecnologia mais apropriada para cada caso. Esta seleção normalmente se baseia numa combinação de aspectos econômicos, técnicos e sociais que pode ser resumida na pergunta: qual a alternativa tecnicamente viável, passível de operação pela autoridade local e de mínimo custo que os usuários desejam adquirir e manter, mesmo que existam outras alternativas mais baratas que, entretanto, propiciariam um nível menor de conforto(3)? Kalbermaten (5) considera essenciais para a seleção e projeto do sistema de esgotos de determinada comunidade informações relativas a condições físicas (clima, topografia, geo-hidrologia etc.), demografia, situação sanitária, aspectos sócio-econômico-culturais, estruturação institucional etc. Feito o diagnóstico da comunidade, é ainda Kalbermaten quem apresenta três algoritmos em série para se identificar a solução mais apropriada (Figuras 6, 7 e 8).

SANEAMENTO PROGRESSIVO

Nos países em desenvolvimento são muito numerosas as comunidades que vivem em condições de subsistência: má nutrição, padrão residencial ruim, pequena população ativa, grande mortalidade infantil e esperança de vida pequena. Associado a isso, as autoridades se ressentem da falta de recursos financeiros para cuidar não só do abastecimento de água e do sistema de esgotos, como também dos demais aspectos da vida dessas comunidades. A solução mais eficiente seria então o que se poderia chamar de saneamento progressivo, estendido por um período de vários anos ou mesmo décadas. Inicialmente pode-se conseguir impacto substancial na vida pública com a adoção de charizes e de fossas secas ventiladas. Nos anos subsequentes, o abastecimento poderá ser melhorado com torneiras no lote e o sistema de esgotos com privadas de descarga fraca. Quando as condições gerais de vida da população tornarem-se melhores, proporcionando certa ascensão sócio-econômica à comunidade, po-

derão ser adotadas instalações domiciliares completas e privadas de descarga fraca conectadas a redes de esgotos de pequeno diâmetro. Esta seria uma evolução possível para o processo. Outros rumos são apresentados na Figura 9.

RECOMENDAÇÕES

É importante que se proceda à divulgação mais ampla e mais rápida dos resultados de estudos e levantamentos de tecnologias de Saneamento de Baixo Custo. E também ao retreinamento da maioria dos profissionais que trabalham com saneamento, para implantação das soluções não convencionais que estão sendo propostas. O processo de seleção de tecnologias deverá basear-se em comparação econômica e não financeira. Além disso, deve ser ampliada a participação comunitária, o que implicará a utilização de equipes multidisciplinares das quais façam parte sociólogos, desde a primeira fase de planejamento e análise de demanda até as fases de escolha de tecnologias e projeto de detalhamento. Como várias dessas tecnologias serão parcialmente implantadas e muitas vezes mantidas pelos usuários, é de extrema importância a participação destes em todo o processo de seleção. A participação do educador também é imprescindível para o êxito do empreendimento. A Figura 10 ordena a atividade de cada profissional na solução do problema.

O Governo deve subvencionar qualquer esquema (incluindo vacinação, educação e tecnologia de baixo custo para remoção de efluentes) para melhorar o nível de saúde da população. Se o Governo objetiva proteção ambiental a longo prazo, deve subvencionar as tecnologias de reuso e reciclagem de efluentes tratados. Considerando o enorme déficit de serviços e as grandes limitações de capital de investimento nos países em desenvolvimento, o saneamento progressivo pode constituir-se na melhor e talvez na única alternativa para se alcançarem os objetivos ditados para a Década Internacional de Abastecimento de Água e Saneamento. Frente à crise econômica que o país enfrenta, deverão ser realizadas muitas pesquisas aplicadas no sentido de adaptar e desenvolver esquemas de saneamento a baixo custo, tanto nos campos técnico, econômico e social quanto no institucional. A implantação de programas educacionais originaria pequenas alterações em costumes e valores sociais da população, possibilitando a adoção de alguma tecnologia até agora inaceitável face aos padrões culturais brasileiros.

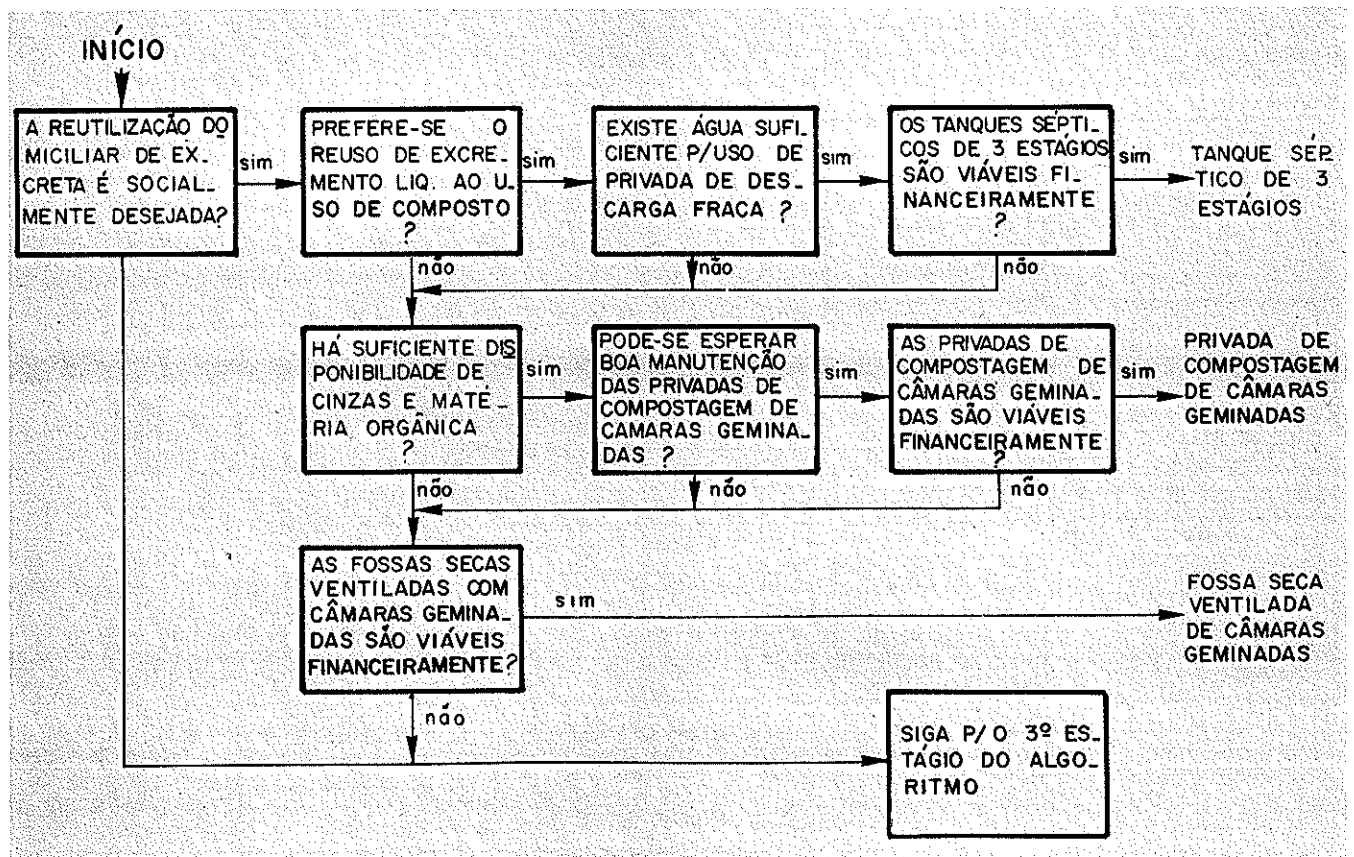


Figura 7 - Algoritmo para seleção da tecnologia de sistema de esgotos sanitários - 2ª etapa (5)

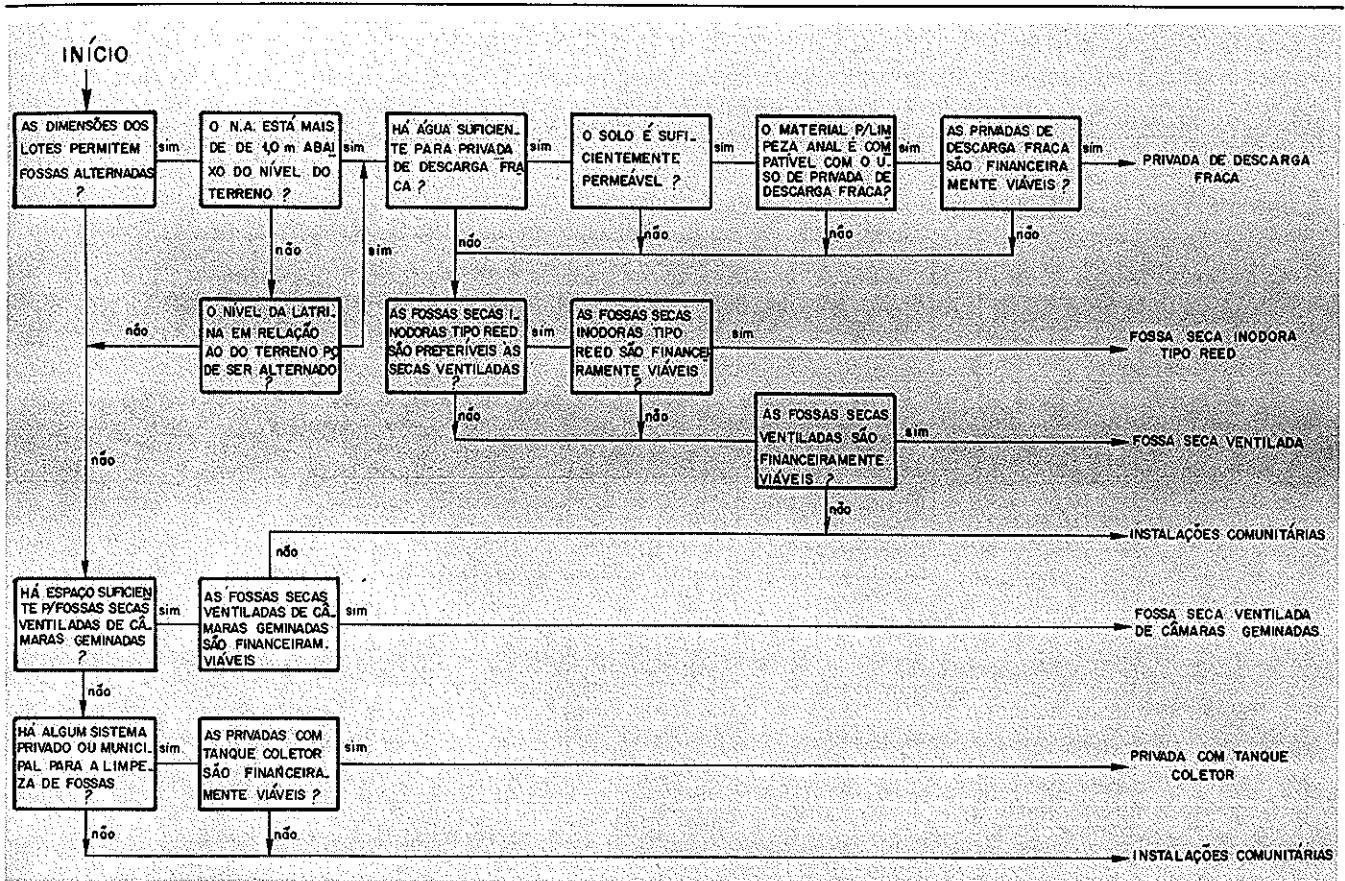


Figura 8 - Algoritmo para seleção da tecnologia de sistema de esgotos sanitários - 3ª etapa (5)

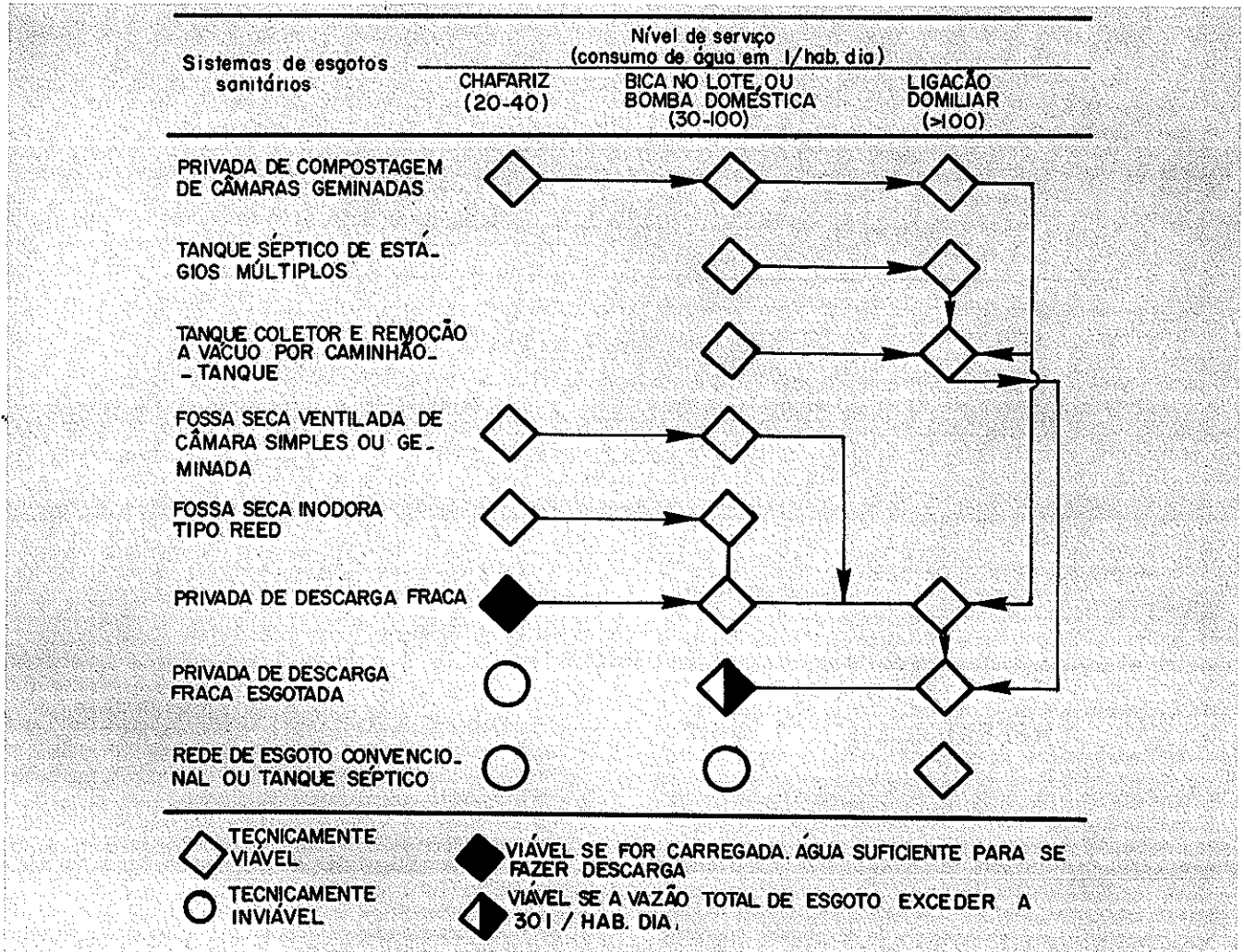


Figura 9 - Saneamento progressivo

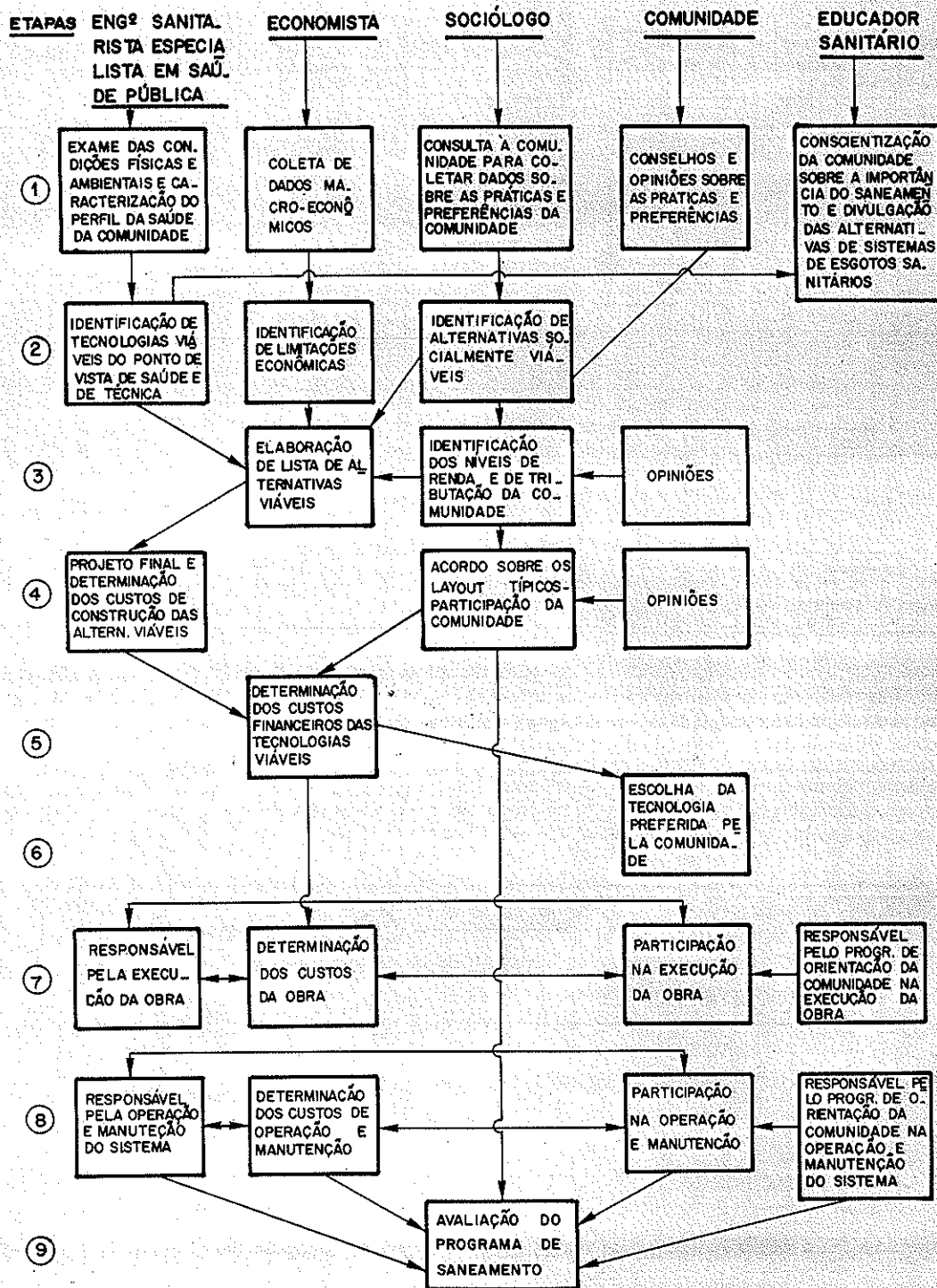


Figura 10 - Planejamento multidisciplinar de sistema de esgotos sanitários

REFERÊNCIAS

- 1- CAIRNCROSS S. e FEACHEM R. Small excreta disposal systems. *Ross Bulletin n° 8*. London, Ross Institute of Tropical Hygiene Jan. 1978, 54 p.
- 2- BARUA, D. and BURROWS, W. *Cholera* - William B. Saunders Company Philadelphia (1974).
- 3- ENVIRONMENTAL SANITATION REVIEWS. Human and animal waste management strategies in developing countries. Bangkok, Thailand, Environmental Sanitation Information Center, Asian Institute of Technology. V. 4/5, out. 1981, 90 p.
- 4- ENVIRONMENTAL SANITATION REVIEWS. Septic tanks and septic systems. Bangkok, Thailand, Environmental Sanitation Information Center, Asian Institute of Technology, V. 7/8, abr. 1981, p: 1-31.
- 5- KALBERMATTEN, J. M. et all: *Alternativas apropriadas de saneamento: avaliação técnica e econômica* - relatório resumido; relatório P.U. n° RES 20. Washington, Banco Mundial, fev. 1979, 37 p.
- 6- MARA, D. *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, sanitation alternatives for low-income communities* - a brief introduction. Washington, World Bank, fev. 1982, 50 p.

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DOS RIOS EM SÃO PAULO E NA FRANÇA

Rubens M. de Abreu¹

RESUMO - Com o advento do controle da poluição ambiental, no final dos anos 60, teve início a importante atividade de monitoramento da qualidade das águas, particularmente dos rios e lagos. Em São Paulo, a CETESB opera sua rede básica de amostragem, hoje com 100 pontos, desde 1975. Na França, o primeiro inventário quinquenal teve lugar em 1971, repetido em 76 e 81. O objetivo explícito dessas redes é o de verificar tendências da qualidade e avaliar resultados do controle. Este artigo expõe resultados, descreve metodologias e explicita cenários de qualidade de águas interiores em duas regiões bem definidas. Da sua comparação podem surgir idéias esclarecedoras.

ABSTRACT - The activity of the water quality monitoring networks started when the water pollution control received special attention from regional or national governments at the end of the 60's. CETESB operates a water sampling network since 1975. In France, the first water quality inventory was done in 1971 and done again in 76 and 81. The main objectives of the water quality monitoring are to follow its trend and to evaluate the results of the water pollution control. It is very difficult to evaluate these results through that kind of data and their variations. The evaluation of pollution loads may provide higher precision. This paper summarises results, explains methodology and shows the state of water quality. By comparing them clarifying ideas may arise.

INTRODUÇÃO

Quase todos os países dispõem de rede de monitoramento de qualidade das águas, de modo a acompanhar sua evolução ao longo do tempo. Cada sistema tem suas peculiaridades; entretanto, é possível estabelecer-se uma comparação de resultados com razoável aproximação. É o que se pretende fazer neste artigo, tomando por base os dados publicados pela CETESB em São Paulo e pelo Ministério do Meio Ambiente e Qualidade de Vida da França.

A França tem cerca do dobro da área territorial do Estado de São Paulo, bem como da sua população, ou seja, 550 mil km² e 50 milhões de habitantes. Isto produz uma densidade populacional média da mesma ordem de grandeza em ambos os territórios, fato que favorece a comparação, porque o fenômeno da poluição está nitidamente relacionado com a concentração humana.

Convém frisar, também, que os programas de controle da poluição tiveram início em ambos os casos por volta de 1968. Na França, as Agências de Bacia entraram em operação naquele ano, quando apenas 15% da carga poluidora gerada era removida nas estações de tratamento de esgotos urbanos e de efluentes industriais. Dez anos depois, a eficiência média dos tratamentos franceses havia crescido para 38% de remoção e a expectativa era

alcançar 65% de remoção em 1988. Já em São Paulo, de menos de 10% de redução em 1969, alcançou-se em 1985 a porcentagem de 44%. Deve-se ressaltar que os tratamentos urbanos removem apenas 6% da carga poluidora doméstica. Isto significa que a indústria reduz em cerca de 70% a carga poluidora dos seus despejos. Nestes cálculos foram desconsideradas as cargas poluidoras das usinas de açúcar e álcool, uma vez que a sua inclusão distorceria a comparação, pois o restilo entraria com redução de 100%, devido ao fato de ser lançado na lavoura.

Portanto, mesmo desconsiderando diferenças eventuais nos critérios de cálculo de cargas poluidoras, os programas de abatimento da poluição das águas, no tocante à indústria, na França e em São Paulo, apresentam resultados equivalentes e de bom nível. É de se lamentar não poder dizer o mesmo do tratamento dos esgotos urbanos no Estado de São Paulo, cujos resultados foram praticamente nulos, bem ao contrário do que aconteceu na França.

De passagem, é preciso dizer que este insucesso tem várias causas que se somam, tais como: falta de tradição e vontade política no tocante ao tratamento dos esgotos urbanos; falta de financiamento aos municípios; ineficácia dos regulamentos em relação aos poderes públicos e tarifas insuficientes. Enquanto no Brasil o Planasa - Plano Nacional de Saneamento, implementado pelo BNH, não correspondeu totalmente à expectativa, na França o aporte de recursos provenientes das tarifas cobradas dos lançamentos de despejos e outros usos da água possibilitou a participação das Agências de Bacias no financiamento das obras necessárias.

¹ Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Ambiental, da CETESB

MONITORAMENTO DAS ÁGUAS INTERIORES

Dois aspectos principais devem ser considerados, ao se projetar uma rede de amostragem, abrangendo uma bacia hidrográfica, um Estado ou um país: a representação espacial e a temporal. É claro que, além disso, é necessário escolher as variáveis de qualidade que serão medidas em cada amostra de água. Por razões práticas, especialmente de ordem econômica, as coberturas temporal e espacial têm suas limitações, assim como o número das variáveis a serem medidas.

Assim, em São Paulo, a CETESB opera uma rede de 100 estações de amostragem, cobrindo todo o território estadual com coletas mensais de amostras, nas quais são medidas 34 variáveis. A operação da rede iniciou-se em 1975 e a sua frequência de amostragem foi reduzida à metade, ou seja, seis por ano, a partir de 1985, por razões econômicas. O número de estações cresceu de 42 para 100 ao longo do tempo e tem-se mantido estável nos últimos anos. A partir de 1978, vêm sendo publicados boletins anuais que, além dos dados brutos, apresentam uma série de considerações, mapas e índices, entre os quais o de maior expressão é o IQA (Índice de Qualidade da Água), que nada mais é do que uma nota que varia de 0 (pior) a 100 (melhor).

Na França, o "inventário nacional do grau de poluição das águas superficiais, rios e canais" tem-se realizado a cada cinco anos, a partir de 1971, ou seja, 1971, 76 e 81, com relatórios publicados. O levantamento quinquenal francês compreende cerca de 1.250 pontos, dos quais 134 foram erigidos em estações permanentes, isto é, amostradas mensalmente, ao longo do tempo.

Além disso, enquanto em São Paulo o conjunto de 34 variáveis de qualidade é o mesmo para todos os pontos, na França há diferenças entre um ponto e outro, sendo que o total passível de medir chega a 50 variáveis. Em média, foram realizadas 125 análises para cada estação no inventário de 1981, enquanto na rede paulista a quantidade de determinações foi de 204 por estação, em 1986.

Em termos de custo, é interessante notar que o inventário francês de 1981 despendeu cerca de 13 milhões de francos e a rede paulista realizou o orçamento de Cz\$ 2,5 milhões em 1986. Tais cifras correspondem a aproximadamente Cz\$ 25 mil por estação, por ano, em ambos os casos.

COMPARAÇÃO DOS DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA

Para fazer este estudo, os dados de qualidade das águas de São Paulo foram processados do mesmo modo que o dos inventários franceses. É claro que esta comparação não permite grande precisão, devido a inúmeras razões, entre as quais a diferença de vazões, não só de uma região para outra, como de um ano para outro. Além disso, pode haver diferenças de métodos de análise e de critérios no estabelecimento das redes de amostragem.

Portanto, não se queira tirar correlações entre uma região e outra, mas, tão somente, mostrar dois cenários com suas virtudes e deficiências.

CLORETOS

Embora o nível de cloretos raramente constitua problema, esta variável é apresentada para mostrar as condições de variação quando se comparam dados correspondentes a vazões diferentes ou conjunto de pontos diferentes, uma vez que, geralmente, não se removem cloretos e, não havendo outras causas, o crescimento do volume de esgotos tratados ou não, lançado nos rios, fará crescer os teores de cloretos.

Assim, a Tabela 1 apresenta as porcentagens de estações de amostragem por faixas de cloretos, tanto para o conjunto total de pontos em cada campanha ou ano, quanto para o conjunto de pontos comuns a ambas as campanhas. Pode-se notar, nessa tabela, que em São Paulo não houve alterações de monta entre

78 e 83 e o nível de cloretos é bem baixo, de modo geral (80% menor que 20 mg/l). O ano de 1983 foi bem mais chuvoso que 1978, o que justifica certa redução nos teores. Isso aconteceu, também, na França em 1981.

TABELA 1 - Porcentagem das estações de amostragem por faixa de cloretos em termos de concentrações médias anuais

Região	Conjunto de estações	Ano	Faixa de Cloretos (mg/l)			Total de estações
			< 20	20 a 50	> 50	
França	Total	1976	46%	35%	19%	1.255
		1981	47%	37%	16%	673
	Comum às Campanhas	1976	37%	35%	28%	628
		1981	47%	37%	16%	628
São Paulo	Total	1978	80%	16%	4%	74
		1983	81%	16%	3%	100
	Comum às Campanhas	1978	80%	16%	4%	72
		1983	81%	16%	3%	72

MATÉRIA ORGÂNICA

A poluição orgânica tem como efeito a redução dos níveis de oxigênio dissolvido nas águas, podendo chegar a zero (condição anaeróbia) e inviabilizar a vida de peixes, além de produzir mau aspecto e mau cheiro. São parâmetros importantes, neste caso, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e a demanda química de oxigênio (DQO). No primeiro caso, avalia-se a presença de substâncias biodegradáveis e, no segundo, incluem-se as substâncias orgânicas de biodegradação mais difícil.

Com relação à poluição orgânica, tanto a rede francesa quanto a paulista retratam cenários semelhantes, com São Paulo predominando nos pontos mais poluídos. É interessante notar que a melhoria que ocorreu nos cenários posteriores, em São Paulo e na França, foi consequência, entre outros fatores, de melhores condições de vazões dos rios, pois 1981 e 1983 foram anos bastante chuvosos nas respectivas regiões. Além disso, o aumento no número de estações na rede paulista, certamente produz outro fator de discrepância com relação aos resultados.

Cumpra observar que os padrões de qualidade para DBO₅ são os seguintes, em função das classes definidas na Resolução 20/86, do Conama-Conselho Nacional do Meio Ambiente:

- Classe 1: < 3 mg/l
- Classe 2: < 5 mg/l
- Classe 3: < 10 mg/l
- Classe 4: < 15 mg/l (assumido em função de OD = 2 mg/l)

TABELA 2 - Porcentagem de estações de amostragem por faixas de DBO₅ em termos de médias anuais

Região	Ano	Faixas de DBO ₅ (mg/l)				Total de estações
		< 5	5 a 10	10 a 25	> 25	
França	1976	62%	26%	8%	4%	1.255
	1981	80%	14%	4%	2%	1.253
São Paulo	1978	68%	12%	10%	10%	74
	1983	79%	14%	5%	2%	100

TABELA 3 - Porcentagem de estações de amostragem por faixas de DQO em termos de médias anuais

Região	Ano	Faixa de DQO (mg/l)				Total de estações
		< 25	25 a 40	40 a 80	> 80	
França	1976	72%	16%	8%	4%	1.242
	1981	77%	16%	5%	2%	1.932
São Paulo	1978	68%	15%	9%	8%	74
	1983	72%	17%	6%	5%	100

TABELA 4 - Porcentagem de estações de amostragem por faixas de NMP de Coliformes Fecais em termos de médias anuais

Região	Ano	Faixas de Coliformes Fecais (NMP/100 ml)					Total de estações
		< 20	20 a 2.000	2.000 a 20.000	20.000 a 200.000	> 200.000	
França	1976	1%	16%	36%	34%	13%	564
	1981	0%	12%	39%	36%	13%	679
São Paulo	1978	4%	32%	26%	15%	23%	74
	1983	6%	40%	21%	24%	9%	100

COLIFORMES FECAIS

As contagens de coliformes fecais revelam a presença de esgotos domésticos nos rios ou lagos. São indicadores de eventual contaminação, devida a microrganismos patogênicos. O padrão de rios Classe 2 é de 1.000 NMP/100 ml, contagem esta que é o limite aceito para esportes aquáticos.

Este parâmetro, juntamente com a DBO₅ e os nutrientes, permite quantificar a poluição decorrente dos esgotos domésticos. Embora possa não ser necessário o tratamento para redução da carga orgânica, o tratamento dos esgotos urbanos sempre se justificará para redução dos patogênicos, especialmente quando lançados em águas interiores. A situação desta variável de qualidade está na Tabela 4.

Os dados de coliformes da França mostram uma predominância de estações de amostragem com contagem de coliformes entre 2.000 e 200.000 NMP/100 ml. Esta distribuição não coincide com as de DBO₅ e DQO. A explicação deve ser que os pontos onde foram realizadas análises bacteriológicas são em número bem menor (564/679) que os de DBO₅ (1.255/1.253). Em todo o caso, o que se depreende é que, lá também, os esgotos domésticos respondem pelas piores condições de qualidade dos rios.

NUTRIENTES

A decomposição da matéria orgânica devolve ao ambiente não só gás carbônico (CO₂) e água, como também os sais minerais, que entraram na sua síntese. Na água, crescem em importância o nitrogênio e o fósforo, porque são os fertilizantes que favore-

TABELA 5 - Porcentagem de estações de amostragem por faixas de fósforo total em termos de médias anuais

Região	Ano	Faixas de Fósforo Total (mg P/l)				Total de estações
		< 0,065	0,065 a 0,326	0,326 a 1,630	> 1,630	
França	1976	27%	49%	21%	3%	1.243
	1981	29%	54%	14%	3%	1.232
São Paulo	1978	42%	40%	11%	7%	74
	1983	46%	40%	6%	8%	100

cerão o crescimento de vegetais aquáticos, particularmente as algas. O excesso de fertilização conduzirá ao fenômeno da eutrofização, com inconvenientes para as ETA's ou, às vezes, problemas de mortandade, com exalação de intenso mau cheiro.

Destaque-se, neste caso, que os rios franceses estão um pouco mais sobrecarregados de fósforo que os de São Paulo. Isto parece mostrar que a França não entrou, ainda, na era do tratamento terciário, que é destinado à remoção de nutrientes.

METAIS PESADOS

Outro grupo de substâncias potencialmente prejudiciais são os metais pesados, entre os quais, o mais famoso é o mercúrio. A Tabela 6 os apresenta num formato um pouco diferente das anteriores.

TABELA 6 - Porcentagem das estações de amostragem em que dois ou mais teores de metais pesados levantados foram iguais ou maiores do que os padrões fixados pela CEE - Comunidade Econômica Européia.

Região	Conjunto de estações	Ano	Cr (mg/l)	Pb (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Cd (mg/l)	Hg (mg/l)	Total de estações
França	Total	1976	11%	7%	9%	1%	18%	28%	399
		1981	3,4%	2,7%	26%	4,6%	33%	13%	261
	Comum às Campanhas	1976	11%	21%	11%	2%	34%	9%	186
		1981	3%	2%	4%	0,5%	11%	9%	186
São Paulo	Total	1978	14%	28%	48%	3%	ND	17%	58
		1983	2,4%	1,2%	62%	2,4%	ND	11%	81
	Comum às Campanhas	1978	14%	28%	48%	3%	ND	17%	55
		1983	2%	2%	71%	3%	ND	11%	55
Padrões CEE			0,05	0,05	0,02	0,5	0,001	0,0005	

Nota: ND - Limite de detecção superior ao padrão.

Do mesmo modo que na apresentação dos cloretos, os metais pesados aparecem na Tabela 6 em termos de conjunto total das estações levantadas em cada campanha e o conjunto das estações comuns a ambas as campanhas. Convém lembrar, também, que os padrões CEE são os *guide* mais restritivos para cobre, zinco e mercúrio, cujos *imperative* são, respectivamente, 0,05, 3 e 0,001 mg/l, isto é, menos restritivos. Já a Resolução 20/86 do Conama fixou esses valores, respectivamente, em 0,02, 0,18 e 0,002 mg/l para rios Classes 1 e 2. Chamam a atenção o cobre em São Paulo e o cádmio na França. No mais, as situações são comparáveis.

ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA

A avaliação da qualidade das águas é feita, também, através de índices que fornecem uma visão mais global ou genérica. Assim, tanto os paulistas quanto os franceses lançam mão de índices cujas bases, no entanto, são totalmente diferentes. Na França, realizam-se também levantamentos hidrobiológicos, ou seja, de diversidade e características biológicas dos organismos presentes. Isto permite avaliar a qualidade biológica nas estações de amostragem e chegar a um índice hidrobiológico que corresponde a uma nota global variando de 0 a 10. O método consiste em determinar, para cada estação, dois índices bióticos, um relacionado com meio lótico (água corrente) e outro com meio lêntico (água parada), e obter o índice biótico Ib como valor médio.

Uma situação biológica normal de qualidade ótima deveria apresentar: $I_r = I_b = 10$. Como isto nem sempre acontece, foram estabelecidos os cinco graus de qualidade seguintes:

- 10 - $I_b \leq 1$: qualidade biológica normal
- 1 < 10 - $I_b \leq 3$: qualidade biológica subnormal
- 3 < 10 - $I_b \leq 5$: poluição observável
- 5 < 10 - $I_b \leq 7$: poluição importante
- 10 - $I_b > 7$: poluição muito importante

TABELA 7 - Porcentagem de estações de amostragem por faixa de qualidade de água na França e em São Paulo

FRANÇA			
$I_r - I_b$	Faixa de Qualidade	1976	1981
< 1	Qualidade biológica normal	34% (23)	28% (27)
1 a 3	Qualidade biológica subnormal	33% (37)	41% (41)
3 a 5	Poluição observável	26% (30)	24% (25)
5 a 7	Poluição importante	6% (9,3)	5% (4,4)
> 7	Poluição muito importante	1% (1,6)	2,4% (1,6)
Total de estações		509	631

SÃO PAULO			
IQA	Faixa de qualidade	1978	1983
80 - 100	Ótima	16%	9%
52 - 80	Boa	55%	63%
37 - 52	Aceitável	14%	20%
20 - 37	Imprópria	8%	6%
0 - 20	Má	7%	2%
Total de estações		74	100

Notas: ($I_r - I_b$) = Índice Hidrobiológico
() = % relativa a estações comuns a ambas as campanhas, num total de 430 pontos.
IQA = Índice de Qualidade de Água.

Em São Paulo, a CETESB usa o IQA, que é um índice originário da Universidade de Michigan, EUA. Trata-se de uma nota de 0 a 100, obtida por média ponderada de nove parâmetros, que são: temperatura, Ph, OD, DBO_5 , N_{total} , P_{total} , NMP Coli Fecal, Turbidez e Resíduo Total. Não abrange, portanto, aspectos toxicológicos. Portanto, o IQA resulta de condições de qualidade físico-química, sendo que a nota de 0 a 100 facilita o entendimento do leigo e padroniza a subjetividade inerente a essas notas. Além disso, há que se fixar o peso de cada parâmetro na participação da nota média global.

Isto posto, não há porque comparar resultados que quantifiquem coisas tão diferentes quanto possam ser causa e efeito. Não é demais, porém, apresentar as situações de ambas as redes de acordo com os respectivos índices. É o que se tem na Tabela 7.

A Tabela 7 corresponde a uma síntese da situação em ambas as regiões estudadas. Os perfis da qualidade dos rios franceses e paulistas indicam uma boa quantidade de rios bons (70% dos pontos de amostragem), enquanto os rios bastante poluídos se apresentam em menor quantidade ou 7% dos pontos de amostragem na França e entre 15 e 8% em São Paulo. A melhoria ocorrida em São Paulo tem forte influência das altas vazões ocorridas em 1983. Aliás, é interessante notar que as chuvas fazem melhorar a qualidade dos rios mais poluídos, enquanto diminuem a qualidade dos rios limpos (16% em 78 contra 9% em 83, para os pontos de qualidade ótima). Isto se deve à interferência do resíduo total e da turbidez no IQA desses pontos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cumprir dizer que o inventário francês apresenta um rol de informações mais completo, com levantamento sistemático de dados como: praguicidas organoclorados e PCB; streptococos e salmonelas; dados hidrobiológicos; radioatividade; metais pesados em sedimentos; mercúrio e organoclorados em peixes. Em São Paulo, tais levantamentos têm sido feitos durante estudos específicos e atendendo a situações particulares.

Tanto a CETESB quanto os diversos laboratórios franceses envolvidos nesses trabalhos lutam com dificuldades tecnológicas, quando se trata de detectar concentrações extremamente baixas de determinadas substâncias. Dos 73 padrões fixados na Resolução 20/86 - Conama, os laboratórios da CETESB conseguem detectar apenas 36.

Quanto a possíveis conclusões, é preferível que o leitor as formule meditando sobre as informações contidas neste artigo. Para estimular a sua imaginação ficam no ar algumas questões, como:

- para que serve o inventário de qualidade das águas?
- o inventário quinquenal é mais eficaz do que o permanente?
- como avaliar as reais tendências de variação dessa qualidade?
- para que fixar padrões, quando não se tem como medi-los?
- os padrões mencionados são fixados para água bruta e os de água potável são outros;
- qual a importância do índice hidrobiológico?
- a situação em São Paulo é pior (ou melhor) que na França?
- por que não tratar os esgotos urbanos?

REFERÊNCIAS

- 1- ABREU, R.M. & GUAZZELLI, M.R., *Comparative Study of the Inland Water Quality - São Paulo - Brasil, France and England*. 4ª Conferência Internacional da IAWPRC - São Paulo (1986).
- 2- CETESB, *Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo* (1978 e 1983).
- 3- Ministère de l'Environnement (França), *Inventaire du Degré de Pollution des Eaux Superficielles, Rivières et Canaux* (1976 e 1981).
- 4- ——— *6 Comités de Bassin, 6 Agences pour l'Eau, 10 Ans d'Activité* (1978).