

# A qualidade das águas no Alto Tietê

**NELSON V. VASCONCELOS**

Engenheiro Industrial e Sanitarista, diretor da Cetesb-Cia. Estadual de Tecnologia Ambiental, São Paulo

**RUBENS M. DE ABREU**

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Ambiental, da Cetesb

*Apesar da divulgação anual dos dados de qualidade de águas monitorados pela Cetesb, poucos se dão ao trabalho de analisá-los detidamente. Assim, é comum ouvirem-se interpretações errôneas baseadas apenas em aparências. Neste artigo, busca-se sintetizar as informações disponíveis, interpretando-se e comparando os dados medidos no Alto Tietê, inclusive na represa Billings, com os Padrões de Qualidade de Águas fixados pela Resolução Conama 20/86. Como conclusão, torna-se claro que a matéria orgânica conduzida pelos esgotos domésticos é a grande responsável pela poluição dos corpos d'água que drenam a Região Metropolitana de São Paulo com cerca de 15 milhões de habitantes. A solução reside na coleta e no tratamento desses esgotos, obras estas que poderão proporcionar enormes benefícios, particularmente a reciclagem da água de Billings para abastecimento.*

O Alto Tietê, que drena a Região Metropolitana de São Paulo, sofre o impacto da concentração humana e das atividades correspondentes, tendo como consequência uma poluição intensa na zona central mais urbanizada.

Com já foi afirmado, o rio Tamanduateí, o rio Tietê e o canal de Pinheiros formam um verdadeiro anel de esgotos a céu aberto, cuja destinação tem sido principalmente o Reservatório Billings. Daí, após a recuperação quase total da qualidade, as águas são descarregadas em Cubatão com a finalidade de produzir energia na usina hidrelétrica Henry Borden. Apesar dos esforços da Sabesp em realizar a coleta e o tratamento dos esgotos, a verdade é que os resultados em relação à melhoria da qualidade das águas são ainda imperceptíveis.

Contudo, as informações acumuladas pela Cetesb ao longo de vinte anos dão conta das causas principais da degradação existente e permitem visualizar perfeitamente as condições de qualidade as águas. Acontece que, não obstante a publicação anual pela Cetesb dos boletins de qualidade de águas<sup>(1)</sup> que retratam o monitoramento efetuado nos rios e represas, poucos se dão ao trabalho de analisá-los em profundidade. Assim, este artigo apresenta uma síntese das informações disponíveis e sua interpretação. Quem sabe possa ser útil para disseminar um conhecimento mais claro e preciso sobre o assunto.

A título de exemplo, atente-se para questões do tipo:

■ como evolui a qualidade ao longo dos rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros e da Represa Billings?

■ como se comporta a poluição devida a matéria orgânica e qual a perspectiva de sua redução?

■ é expressiva a poluição devida a metais pesados?

■ tem-se conhecimento da toxicidade presente?

Finalmente, algumas conclusões e recomendações, já apresentadas em outros trabalhos, são devidamente enfatizadas.

## OS DADOS ROTINEIROS

Os principais parâmetros de qualidade de águas medidos pela Cetesb estão apresentados na tabela constante da Figura 1, na qual se mostra também o esquema do Alto Tietê, com a localização das estações de amostragem. Tais informações são coletadas rotineiramente desde 1975, e a tabela mencionada focaliza as medições correspondentes a 1988<sup>(4)</sup>. Do conjunto normalmente levantado em campo ou mediante análises feitas em laboratório, foram selecionados 11 parâmetros que melhor definem as características de qualidade das águas do Alto Tietê.

O primeiro parâmetro indicado é o oxigênio dissolvido (OD), cuja presença nos rios e represas é necessária para sustentar a vida de animais aquáticos. O oxigênio provindo do ar ou produzido pelas algas permanece em equilíbrio na massa d'água de acordo com a pressão atmosférica e, principalmente, a temperatura. Neste sentido, o OD de equilíbrio (ou saturação) situa-se em 14,6 mg/l a 0°C, decaindo com a elevação da temperatura da água para 9,2 mg/l a 20°C e 6,6 mg/l a 40°C, assim por diante. Mas é a matéria orgânica lançada nas águas com os esgotos domésticos e industriais a grande responsável pela redução dos níveis de OD, consumido pelas bactérias aeróbias muitas vezes até a sua exaustão completa. A DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é a medida desse consumo, daí porque este parâmetro serve para quantificar os poluentes orgânicos biodegradáveis existentes na água, sejam eles proteínas, carboidratos (açúcares, amido, celulose), óleos, gorduras etc.

Isto posto, verifiquem-se as duas primeiras linhas da tabela na Figura 1. Os padrões tanto de OD e quanto DBO<sub>5</sub> fixados para rios de classe 2 são 5 mg de O<sub>2</sub> por litro de água, como limites mínimo e máximo respectivamente. Assim, na rede amostrada somente o ponto 8 (captação da Sabesp em Guarapiranga) atende ao padrão classe 2 em 100% do tempo, ou seja, em todas as amostras.

O ponto 1 (captação de Mogi das Cruzes no Tietê), em média, esteve conforme com os padrões; porém, pelo menos uma amostra apresentou inconformidade, como indicam os valores entre parenteses. Os pontos do rio Tamanduateí são os mais poluídos, lembrando-se que a DBO<sub>5</sub> dos esgotos domésticos é da ordem de 300 mg/l, ou seja, a DBO<sub>5</sub> média do rio (142 mg/l) chega a quase 50% em relação à dos esgotos.

Até aqui não se pode dizer qual o maior responsável pela poluição, se a indústria ou a residência.

Mas a terceira linha da tabela começa a elucidar a questão, pois os coliformes fecais dão uma boa idéia da matéria fecal provinda dos esgotos domésticos. Valores altos significam grande incidência de esgotos produzidos recentemente. Valores baixos significam baixa incidência de esgotos (ou grande diluição), ou, ainda, certo tempo após o lançamento, porque tais microorganismos da flora intestinal não duram muito no ambiente e decaem exponencialmente. Para se saber se a água teve um mau passado, isto é, se a presença de esgotos já foi significativa, convém observar os níveis de cloretos que praticamente só se reduzem por diluição. Vale ressaltar que o nível de cloretos nos esgotos domésticos dificilmente supera

100 mg/l, e normalmente não constituem problema pois que o padrão é 250 mg/l. Este parâmetro serve apenas como indicador.

Menos persistentes que os cloretos são os fostatos que, juntamente com os nitratos, fertilizam as águas, favorecendo a eutrofização, isto é, a excessiva criação de vegetais aquáticos, especialmente em lagos e reservatórios. Esses nutrientes, necessários à vida aquática, podem levar à presença exagerada de algas que dificultam o seu uso para abastecimento ou, mesmo, podem gerar uma poluição secundária ou indireta.

Na quinta linha da tabela aparece o IQA, isto é, o índice de qualidade de água que é uma nota entre 0 e 100 obtida a partir dos quatro primeiros parâmetros e mais o pH, o nitrogênio total, o resíduo total, a turbidez e a temperatura. Esta nota pretende informar uma condição global de qualidade, mas não leva em conta os metais pesados e os micropoluentes orgânicos que necessitam uma avaliação particular. Dá para perceber que, à maneira dos estudantes, notas abaixo de 50 deixam a desejar.

Analise-se, agora, os índices de surfactantes e de fenóis. O surfactante é o princípio ativo do detergente que, no Brasil, foi mudado para biodegradável a partir de 1982. Esta biodegradabilidade é particularmente notável ao longo da represa Billings. Os fenóis, como os detergentes, têm uma origem bem diversificada, ou seja, provêm de indústrias, residenciais e serviços. A presença de surfactante acima de 0,5 mg/l produz espuma a jusante de barragens e em sistemas de tratamento. O índice de fenóis acima de 0,001 mg/l afeta o gosto da água quando desinfectada com cloro.

Finalmente, são apresentados os quatro metais pesados encontrados no Alto Tietê: o mercúrio, o cromo, o cobre e o zinco. Note-se que a incidência maior ocorre nos dois pontos de amostragem do rio Tamanduateí que nasce na região da ABC e atravessa área densamente urbanizada e industrializada. Nestes pontos os níveis ultrapassam os padrões correspondentes à classe 2, redefinidos na Resolução Conama 20/86 que visa a proteger a vida aquática, sendo, para isto, suficientemente restritivos. Caso se comparassem com padrões de potabilidade da Europa a inconformidade seria reduzida, pois que os limites são Hg = 1 µg/l, Cr = 0,05 mg/l, Cu = 0,05 mg/l e Zn = 5 mg/l. Interessante é observar que os respectivos níveis no Tietê e Pinheiros são menores e, em média, equivalentes aos padrões de classe 2.

Por incrível que pareça, a partir da represa Billings (Pontos 5, 6 e 7) a situação é ainda melhor, com os níveis desses metais pesados em completa conformidade com os padrões de classe 2.

Então, é de uma clareza meridiana que a poluição das águas do Alto Tietê decorre fundamentalmente da matéria orgânica lançada nos rios com os esgotos produzidos por cerca de 15 milhões de habitantes. É comum ao leigo associar o mau aspecto das águas escuras e malcheirosas com a presença maciça de poluentes não biodegradáveis. A inferência não é correta, até porque os metais pesados e outros micropoluentes normalmente não são percebidos através da aparência das águas e somente o exame de laboratório pode elucidar a questão.

Cumpra assinalar que, na ausência de oxigênio, a decomposição de matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias não é completa, resultando por oxidar o conhecido biogás, ou seja, particularmente o metano e o gás sulfídrico, que na água toma a forma de sulfeto, responsável pela cor escura.

Após algum tempo, chega-se à oxidação total, completando-se então o ciclo vital com a matéria orgânica transformada em gás carbônico, água, sais minerais e humus, que são os ingredientes necessários para os vegetais formarem nova matéria orgânica sob a ação da fotossíntese.

O tratamento dos esgotos faz acelerar, sob controle, o processo de decomposição da matéria orgânica, reduzindo a carga poluidora que atinge os corpos d'água.

A construção de sistemas de coleta e de tratamento de esgoto aliviam o trabalho dos rios e, particularmente, da represa Billings, cuja sina tem sido recuperar a qualidade das águas do Alto Tietê e entregá-las razoavelmente limpas à Baixada Santista. Basta observar os IQA's da seqüência de pontos 4, 5, 6 e 7 da tabela da Figura 1, ou seja 15 em Pedreira, 32 na altura da Rodovia dos Imigrantes, 52 na saída do reservatório e 59 na descarga da usina em Cubatão.

Como já foi afirmado, desde 1975 a Cetesb acumula dados rotineiros de qualidade de águas do Alto Tietê e outras regiões do estado de São Paulo. Não obstante, desde 1968 repetem-se vez por outra amostragens especiais para suporte de estudos realizados. Assim, como complemento aos dados rotineiros, a Figura 2 apresenta os resultados de uma amostragem especial feita em alguns pontos do Alto Tietê no dia 07 de março de 1989. O objetivo foi verificar como variavam as concentrações em relação às horas do dia e avaliar com razoável precisão a carga diária de DBO<sub>5</sub> no canal de Pinheiros em condições estacionárias de vazão, razão por que se descartaram as amostras obtidas durante as chuvas que ocorreram no final do período projetado para 24 horas.

Inicialmente convém observar que, em todas as amostras, não foram detectadas (Nd) concentrações relativamente aos parâmetros: arsênio, bário, cádmio, selênio e cianetos. Quanto aos demais parâmetros, em média, os valores levantados só fizeram confirmar os dados rotineiros. No tocante à variação durante o dia, apenas o ponto B junto à foz do rio Tamanduateí apresentou um perfil diferenciado com valores maiores no período entre 16 e 19 horas.

No dia em foco passou pelo canal de Pinheiros uma vazão média normal de 86,5m<sup>3</sup>/s com uma DBO<sub>5</sub> média de 45 mg/l, o que significa a carga de 335 t/d de DBO<sub>5</sub>.

### PRIMEIROS DADOS DE TOXICIDADE

A Tabela da Figura 3 apresenta algumas informações sobre os testes de toxicidade realizados em amostras de água do Alto Tietê. Esses testes foram feitos com *Daphnia similis* (microcrustáceo), conforme método ISO 6341 (1982), modificado em função da espécie utilizada e da água de diluição (Cetesb, 1986)<sup>(3)</sup>.

Os resultados estão expressos em porcentagem do volume da amostra coletada, em relação à soma deste volume mais água pura de diluição, que causa imobilidade a 50% dos organismos, durante 24 horas de exposição, indicados com CE (I) 50-24h., ou seja, concentração efetiva — 50%.

Portanto, uma CE (I) 50-24h = 75% significa que 0,75l da amostra coletada diluída com 0,25l de água pura deve imobilizar 50% dos organismos de teste, em 24 horas, segundo o método.

Quando se aplica o bioensaio a uma substância isolada, a unidade utilizada será a concentração em mg/l. Na Tabela mencionada, a quadrícula superior a algumas substâncias contém o padrão fixado pelo Conama 20/86 e a respectiva CE (I) 50-24h.

Assim, por exemplo, entre as substâncias de maior toxicidade está o cobre com CE (I) 50-24h igual a 0,009 mg/l, enquanto o padrão classes 1 e 2 é fixado em 0,02 mg/l.

Isto posto, pode-se observar na Figura 3 que ao longo do Tamanduateí os pontos **a**, **b**, e **n** não apresentaram toxicidade aguda (NT). Já os pontos **c** e **m** revelaram certa toxicidade, isto é, 74 e 69%, respectivamente. No tocante ao rio Tietê (pontos **u**, **o**, **p**, **v**, e **z**), apenas o ponto **p** apresentou alguma toxicidade (98%). Os demais pontos pesquisados no Alto Tietê localizam-se em córregos e ribeirões afluentes.

A busca de correlação da toxicidade com os teores de substâncias presentes nas amostras coletadas parece indicar o cobre, o cromo VI e o zinco como seus principais indutores. Entretanto, o estudo publicado em março de 1984 não pode ser considerado conclusivo quanto à toxicidade das águas superficiais da Grande São Paulo.

Não obstante, pelo menos em termos de toxicidade aguda, as condições dessas águas não são de modo a causar grandes preocupações quando se enfocam os corpos d'água de maior vazão. É claro que a implantação de redes de esgotos e sistemas de tratamento induzirá maior controle nas indústrias cujos efluentes deverão passar pelas ETE's da Sabesp antes, de atingir os corpos d'água, resultando teores de metais pesados ainda menores. Neste sentido, os bioensaios serão de grande valia para detectar lançamentos inadequados e aliviar a carga de trabalho dos laboratórios físico-químicos.

## A MANCHA ANAERÓBIA NA BILLINGS

Já foi dito que o Reservatório Billings funciona como uma grande lagoa de estabilização dos esgotos da Grande São Paulo. Esta afirmação está confirmada pelos valores de OD, DBO<sub>5</sub> e Coliformes Fecais ao longo da Billings (pontos 4, 5 e 6), na tabela da Figura 1.

Ainda assim, a poluição na Billings costuma ser avaliada também pela verificação da parcela de área superficial sem oxigênio, dada em porcentagem relativa à área total da represa. Esta relação é denominada parâmetro  $\Phi(FI)$ , e a Cetesb possui registros mensais ou semanais desde 1975.

Essa mancha anaeróbia começa junto à barragem de Pedreira, por onde entram as águas poluídas, e sua frente atinge pontos variáveis do corpo principal e braços da represa dependendo da carga poluidora orgânica, ou seja, a vazão vezes a DBO<sub>5</sub>, provenientes do canal de Pinheiros.

A Figura 4 fornece uma idéia da amplitude da mancha anaeróbia e sua relação com o parâmetro  $\Phi$ . Por sua vez, a Figura 5 mostra as médias mensais de  $\Phi$  e os parâmetros de entrada responsáveis maiores pela mancha anaeróbia.

Nesta série histórica destaca-se primeiramente o ano de 1983, que foi atípico, pois se buscou recuperar a represa reduzindo-se drasticamente o bombeamento em Pedreira. Em contrapartida, exacerbou-se a poluição no Médio Tietê Superior. Os debates que se sucederam fizeram voltar o bombeamento em Pedreira com a metade da vazão disponível, situação que perdurou em 84 e 85, cujas médias de  $\Phi$  ficaram abaixo de 30% (ou 0,3). Em 1986, a necessidade de energia levou ao bombeamento 100% em Pedreira, que perdurou até agosto de 87, quando se retomou ao bombeamento de 50% da vazão disponível.

A experiência de 1983 mostrou a grande capacidade de recuperação da represa Billings, uma vez aliviada da poluição que a afeta. É de se notar, por outro lado, que ao final da época de chuvas (fevereiro-março) a mancha anaeróbia reduz-se bastante, enquanto o seu máximo é atingido no final da estiagem (agosto-setembro). Fica claro, também, que o valor de  $\Phi$  é proporcional ao bombeamento em Pedreira, isto é, bombeando-se 50% da vazão, o pico da mancha anaeróbia cai à metade. Isto significa que, hoje, o bombeamento de 50% faz a mancha anaeróbia atingir pouco além da ponte da Rodovia dos Imigrantes, ou seja,  $\Phi$  da ordem de 30%.

Cumprir assinalar que a primeira tentativa de redução da mancha ocorreu em 1997, com o controle do bombeamento em Pedreira. A manutenção de um nível menor de bombeamento é importante para se ter uma qualidade razoável das águas na altura de Riacho Grande e outras áreas próximas da Via Anchieta. Com o bombeamento de 100% da vazão, todo o corpo principal da represa fica comprometida ao final da estiagem, com a mancha anaeróbia  $\Phi$  chegando a atingir mais de 60% da sua superfície.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é difícil concluir que a poluição do Alto Tietê tem como causa principal a carga orgânica dos esgotos domésticos da Grande São Paulo. Disto resulta que a solução tem como única alternativa a coleta e o tratamento desses esgotos de modo a reduzir-lhe, drasticamente a carga poluidora antes de se lançarem nos corpos d'água receptores.

A engenharia sanitária nacional tem tecnologia e capacitação técnica suficientes para levar a cabo as obras necessárias, apesar das divergências verificadas entre os vários grupos que se sucederam no poder com a responsabilidade de executá-las, fato que só fez atrasar o seu desenvolvimento.

Esforços têm sido dispendidos por associações com campanhas e passeatas no sentido de pressionar as autoridades a resolver o problema da degradação do Alto Tietê e particularmente da Billings. A despeito das boas intenções, as pressões exercidas têm carecido de eficiência porque não atingem a causa do problema.

Querem a Billings limpa. Por isso, lutam para acabar com o bombeamento em Pedreira, argumentando com ilações incorretas e benefícios parciais. Se esta alternativa tivesse realmente sustentação, teria sido possí-

vel dar continuidade à experiência posta em prática em 1983, com evidente sucesso para a melhoria da Billings. É claro, esta solução faria desativar a usina Henry Bordem com seus 800 MW e levaria toda a poluição para o Médio Tietê Superior. Com o investimento de uma usina hidrelétrica equivalente (US\$ 2 a 3 bilhões) poder-se-á completar a coleta e o tratamento dos esgotos com resultados muito mais amplos, maximizando os usos e, portanto, os benefícios.

Cumprir observar que a Constituição paulista de 88 aborda o problema da poluição da Billings em pelo menos dois artigos: um, geral (Artigo 208), e outro específico (Artigo 46 do Ato das Disposições Transitórias). O disposto é o seguinte: "Artigo 208 — Fica vedado o lançamento de efluentes e esgotos urbanos e industriais, sem o devido tratamento, em qualquer corpo d'água." "Artigo 46 — No prazo de três anos, a contar da promulgação desta Constituição, ficam os Poderes Públicos Estadual e Municipal obrigados a tomar medidas eficazes para impedir o bombeamento de águas servidas, dejetos e de outras substâncias poluentes para a represa Billings".

Claro está que as medidas eficazes indicadas no Artigo 46 são as que se contém no Artigo 208, isto é, o tratamento dos esgotos urbanos e industriais.

Portanto, os poderes públicos estadual e municipal precisam atentar para a responsabilidade solidária que têm em relação às providências necessárias, quais sejam:

■ a Sabesp, companhia estadual, deve completar a implantação de redes, coletores troncos, interceptores, emissários e estações de tratamento.

■ os municípios com serviços próprios de água de esgotos precisam completar as redes e os coletores troncos, entregando os esgotos à Sabesp para tratamento e disposição.

■ os municípios com serviços operados pela Sabesp devem cooperar no sentido de urbanizar fundos de vale, evitando comprometer as obras e implantações necessárias.

Mas, se tecnologia não falta, restam por viabilizar os recursos financeiros. Londres, Paris e, mais recentemente, Tóquio souberam fazê-lo, o que não é de admirar. Apesar das dificuldades, São Paulo precisará encontrar uma solução a fim de poder cumprir o disposto na Constituição estadual.

Nada é mais eficiente do que a pressão provocada por uma necessidade inadiável associada a uma maximização dos benefícios.

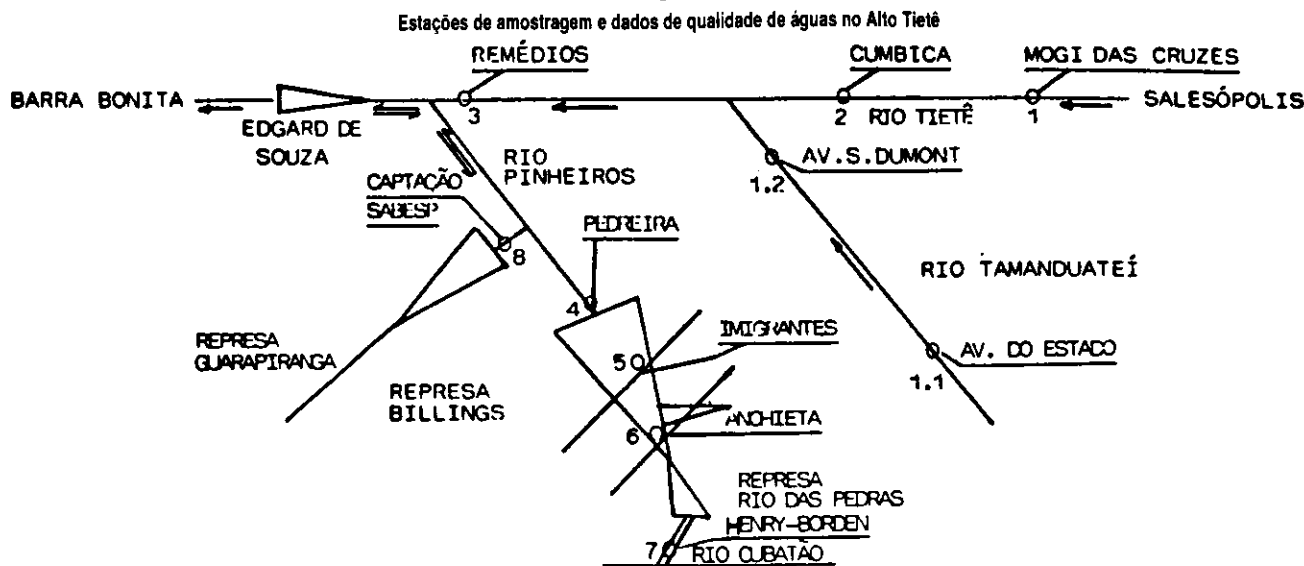
Vale então repetir a proposta contida no artigo "Estratégia para Despoluir as Águas da Billings"<sup>(1)</sup>: "Colocar todo o esforço de investimento no sistema de coleta e tratamento dos esgotos metropolitanos, de forma que o sistema (já planejado) esteja suficientemente completo quando for necessário ampliar a oferta d'água depois do aproveitamento das Cabeceiras do Tietê, em curso, ampliação essa a ser feita revertendo-se através da Represa Billings determinada vazão para os sistemas de produção do Rio Grande, Cabeceiras do Tietê e/ou Guarapiranga".

Segundo o artigo mencionado, a vazão reciclada da Billings poderá ficar em torno de 30 m<sup>3</sup>/s, equivalente à do Sistema Cantareira que, hoje, responde por 60% da água que abastece São Paulo.

### BIBLIOGRAFIA

- 1 — Abreu, R. M., "Estratégia para Despoluir as Águas da Billings, revista *Ambiente da Cetesb*, vol. 4, nº 1, 1990, 8 pgs.
- 2 — Cetesb, São Paulo, "Avaliação da Massa de Poluentes no Alto Tietê/ Zona Metropolitana", São Paulo, 1989, 38 pgs.
- 3 — ———, São Paulo, "Avaliação da Toxicidade de Despejos Industriais na Região da Grande São Paulo", São Paulo, 1987, 92 pgs.
- 4 — ———, São Paulo, "Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo-1988", 1989, 135 pgs.
- 5 — Derisio, J. C., Nabhan, N. M. & Abreu, R. M., "A Represa Billings, em São Paulo, é recuperável", 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental — ABES — Maceió, 1985, 16 pgs.
- 6 — Nabhan, N. M., Derisio, J. C., & Abreu, R. M., "O Alto Tietê e a Represa Billings", 14º Congresso Brasileiro de Engenharia — ABES — São Paulo, 1987, 12 pgs.

Figura 1

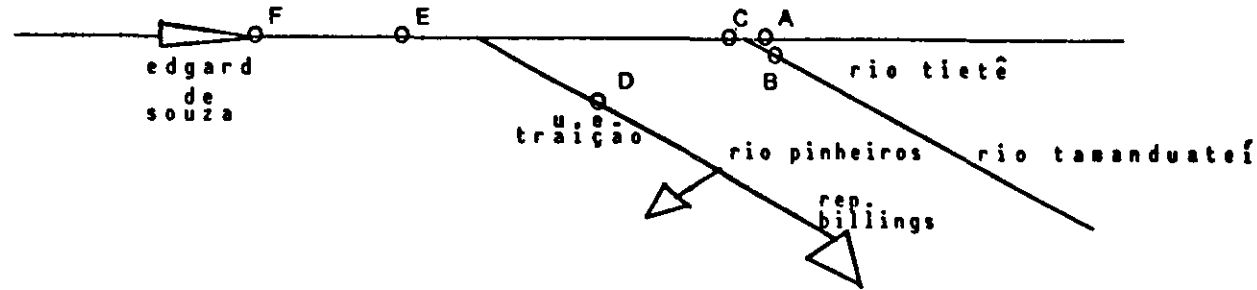


PARÂMETROS	PADRÕES CLASSE 2	ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM									
		1 - MOGI		2 - CUMBICA		1.1-AV-ESTADO		1.2-AV.S.DUMONT		3 - REMÉDIOS	
		MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX
OD*(mg/l O <sub>2</sub> )	5	5,9	2,2	1,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DBO <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	5	3,7	9	17	42	143	234	124	213	57	117
C.FECAL(NMP/100ml)	10 <sup>3</sup>	3,4 x 10 <sup>2</sup>	8,0 x 10 <sup>2</sup>	3,1 x 10 <sup>5</sup>	1,4 x 10 <sup>6</sup>	2,3 x 10 <sup>6</sup>	8,0 x 10 <sup>6</sup>	9,0 x 10 <sup>6</sup>	2,3 x 10 <sup>7</sup>	1,1 x 10 <sup>7</sup>	50 x 10 <sup>7</sup>
FOSFATO (mg/l)	0,025	0,07	0,15	0,48	1,15	3,80	8,70	4,00	7,25	1,26	2,00
IQA*(0 a 100)	-	61	50	27	14	14	12	13	10	16	14
SURFACTANTE (mg/l)	0,5	-	-	0,23	0,66	1,18	3,12	1,68	3,77	0,99	2,58
CLORETO (mg/l)	250	3	4	43	63	68	135	58	85	41	70
FENOL (mg/l)	0,001	-	-	0,003	0,010	1,20	2,18	0,40	1,28	0,154	0,480
MERCÚRIO (mg/l)	0,0002	-	-	0,0001	0,0002	0,0004	0,0007	0,0004	0,001	0,0002	0,0004
CROMO (mg/l)	0,05	-	-	0,05	0,05	0,39	1,02	0,26	0,41	0,07	0,17
COBRE (mg/l)	0,02	-	-	0,01	0,02	0,28	0,44	0,17	0,28	0,06	0,11
ZINCO (mg/l)	0,18	-	-	0,18	0,28	0,46	0,64	0,61	0,88	0,25	0,43
BILLINGS GUARAPIRANGA	PADRÕES CLASSE 2	4- PEDREIRA		5- IMIGRANTES		6- ANCHIETA		7- H.BORDEN		8-C. SABESP	
		MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX
OD* (mg/l O <sub>2</sub> )	5	0,0	0,0	0,4	0,0	2,9	0,3	8,2	7,8	7,7	6,3
DBO <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	5	58	88	13	23	12	18	14	33	2,0	4,0
C.FECAL(NMP/100ml)	10 <sup>3</sup>	8,0 x 10 <sup>6</sup>	3,0 x 10 <sup>7</sup>	3,6 x 10 <sup>3</sup>	1,3 x 10 <sup>6</sup>	450	1700	157	800	76	230
FOSFATO (mg/l)	0,025	1,25	2,80	0,55	1,00	0,41	0,80	0,69	1,23	0,03	0,06
IQA* (0 a 100)	-	15	13	32	24	52	41	59	43	84	78
SURFACTANTE (mg/l)	0,5	1,55	3,21	0,15	0,43	0,08	0,14	0,10	0,10	0,04	0,04
CLORETO (mg/l)	250	39	72	35	46	34	71	30	40	6	8,5
FENOL (mg/l)	0,001	0,080	0,140	0,007	0,030	0,001	0,005	0,005	0,041	0,001	0,006
MERCÚRIO (mg/l)	0,0002	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CROMO (mg/l)	0,5	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
COBRE (mg/l)	0,02	0,06	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,11
ZINCO (mg/l)	0,18	0,20	0,32	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,07	0,18	0,40

FONTE: CETESB/1988 Notas: \* MIN. em vez de MAX L= menor do que

Figura 2

Estações de amostragem e resultados de amostragem especial de 07/03/89



Est. de Amost.	OD (mg/l)				DBO <sub>5</sub> (mg/l)				COLI FECAL (NMP/100ml)				FENOIS (mg/l)			
	PERÍODO				PERÍODO				HORA				PERÍODO			
	8 às 11	12 às 15	16 às 19	20 às 23	8 às 11	12 às 15	16 às 19	20 às 23	8	12	16	20	8 às 11	12 às 15	16 às 19	20 às 23
A	0,5	0,4	0,4	0,1	10	15	14	17	$1,6 \times 10^6$	$8 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	0,017	0,018	0,019	0,007
B	0	0	0	0	90	71	119	113	$1,1 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	$70 \times 10^6$	$30 \times 10^6$	0,011	0,017	0,23	0,20
C	0,2	0	0	0	22	27	36	41	$8 \times 10^6$	$14 \times 10^6$	$7 \times 10^6$	$11 \times 10^6$	0,007	0,047	0,067	0,067
D	0	0	0	0	41	49	43	47	$8 \times 10^6$	$8 \times 10^6$	$8 \times 10^6$	$5 \times 10^6$	0,036	0,038	0,015	0,015
E	0	0	0	0	27	24	26	23	$17 \times 10^6$	$23 \times 10^6$	$17 \times 10^6$	$5 \times 10^6$	0,019	0,064	0,007	0,019
F	0	0	0	0	18	17	16	18	$3 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	0,023	0,036	0,025	0,005
	Hg (µg/l)				Cu (mg/l)				Cr (mg/l)				Zn (mg/l)			
A	1,6	0,1	0,1	Nd	0,05	0,04	0,07	0,06	Nd	0,07	0,06	Nd	0,16	0,12	0,31	0,15
B	0,2	0,5	1,0	0,3	0,07	0,21	0,28	0,16	0,19	0,32	0,45	0,30	0,49	0,60	0,90	0,54
C	Nd	0,2	0,2	0,2	0,05	0,07	0,12	0,10	0,06	0,09	0,14	0,17	0,18	0,21	0,33	0,27
D	0,2	0,2	0,2	Nd	0,10	0,07	0,08	0,08	0,14	0,06	0,14	0,06	0,30	0,30	0,28	0,25
E	0,2	0,2	Nd	Nd	0,05	0,04	0,05	0,05	Nd	Nd	Nd	Nd	0,14	0,14	0,16	0,19
F	Nd	Nd	Nd	Nd	0,03	0,12	0,03	0,03	Nd	Nd	Nd	Nd	0,15	0,21	0,11	0,14

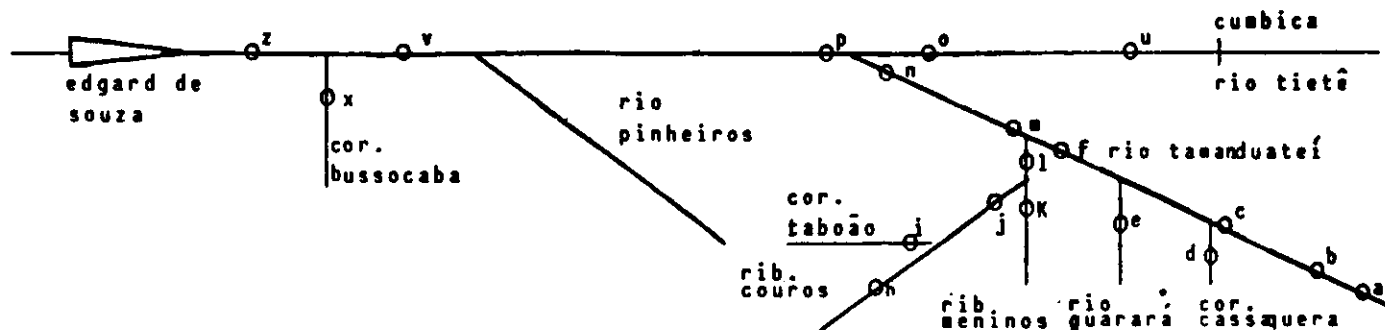
NOTA: a) As amostras foram compostas a partir de coletas horárias em períodos de 4 horas

b) No período de 24 horas às 7h de 08/03/89 não houve coleta em razão de chuvas

c) Nd (não detectado) significa valor inferior ao limite de detecção do método

Figura 3

Estações de amostragem e resultados de toxicidade e físico-químicos



VARIÁVEIS PONTOS AMOSTRAGEM	PADRÕES CE (I) 50, 24h (%)	6 - 9		0,002	0,01	0,5	0,02	0,05	0,0002	0,18
		pH	CONDUTIVIDADE ( $\mu$ s/cm)	SULFETO (mg/l)	CIANETO (mg/l)	SURFACTANTE (mg/l)	COBRE (mg/l)	CROMO VI (mg/l)	MERCURIO (mg/l)	ZINCO (mg/l)
a	NT	6,0	22	-	-	< 0,04	< 0,01	< 0,004	< 0,0001	0,1
b	NT	7,0	267	-	-	1,1	< 0,01	< 0,004	0,0002	0,1
c	74	8,4	760	<u>0,21</u>	-	3,4	0,25	0,004	0,005	0,6
d	1	6,8	400	-	-	<u>5,0</u>	<u>3,0</u>	<u>2,1</u>	0,0002	<u>1,25</u>
e	10	7,1	415	-	-	<u>8,5</u>	<u>0,8</u>	< 0,004	0,0002	<u>0,29</u>
f	IT	6,3	640	<u>0,24</u>	-	<u>5,2</u>	<u>0,37</u>	ND	0,0017	<u>0,95</u>
h	33	6,9	695	<u>0,12</u>	-	<u>6,4</u>	<u>0,38</u>	0,004	0,0008	<u>3,9</u>
i	57	7,0	500	<u>0,21</u>	-	<u>6,6</u>	<u>0,65</u>	0,004	0,0006	<u>1,93</u>
j	60	7,6	560	<u>0,15</u>	0,22	<u>7,4</u>	<u>0,90</u>	ND	0,0041	<u>3,25</u>
k	NT	6,9	445	<u>1,60</u>	0,03	<u>5,5</u>	<u>0,13</u>	ND	0,0011	<u>1,50</u>
l	52	6,8	615	<u>1,10</u>	0,06	<u>6,5</u>	<u>0,40</u>	ND	0,0022	<u>1,50</u>
m	69	6,9	600	<u>0,75</u>	0,07	<u>6,5</u>	<u>0,38</u>	ND	0,0023	<u>1,20</u>
n	NT	7,0	525	<u>1,20</u>	0,26	<u>6,9</u>	<u>0,46</u>	ND	0,0014	<u>1,05</u>
o	NT	6,9	390	-	0,04	2,0	<u>0,09</u>	ND	0,0002	<u>0,35</u>
p	98	6,9	425	-	0,06	2,4	<u>0,19</u>	ND	0,0003	0,44
u	NT	6,6	244	-	-	-	-	-	-	-
v	NT	6,7	380	< 0,10	< 0,007	2,6	< 0,04	< 0,004	0,0002	0,11
x	35	9,2	1300***	0,48	< 0,007	6,4	0,12	< 0,004	0,0025	0,55
z	NT	6,6	365	< 0,10	< 0,007	1,9	<u>0,02</u>	< 0,004	0,0002	<u>0,08</u>

NOTAS: \* com Pimephales promelas (96 horas) CL 50

\*\* varias espécies (48 horas) CL 50

NT - Não apresentou toxicidade aguda

IT - Indícios de toxicidade aguda

\*\*\* o padrão europeu é 1000  $\mu$  s/cm

Figura 4

Represa Billings — Manchas anaeróbias e valores de  $\phi$

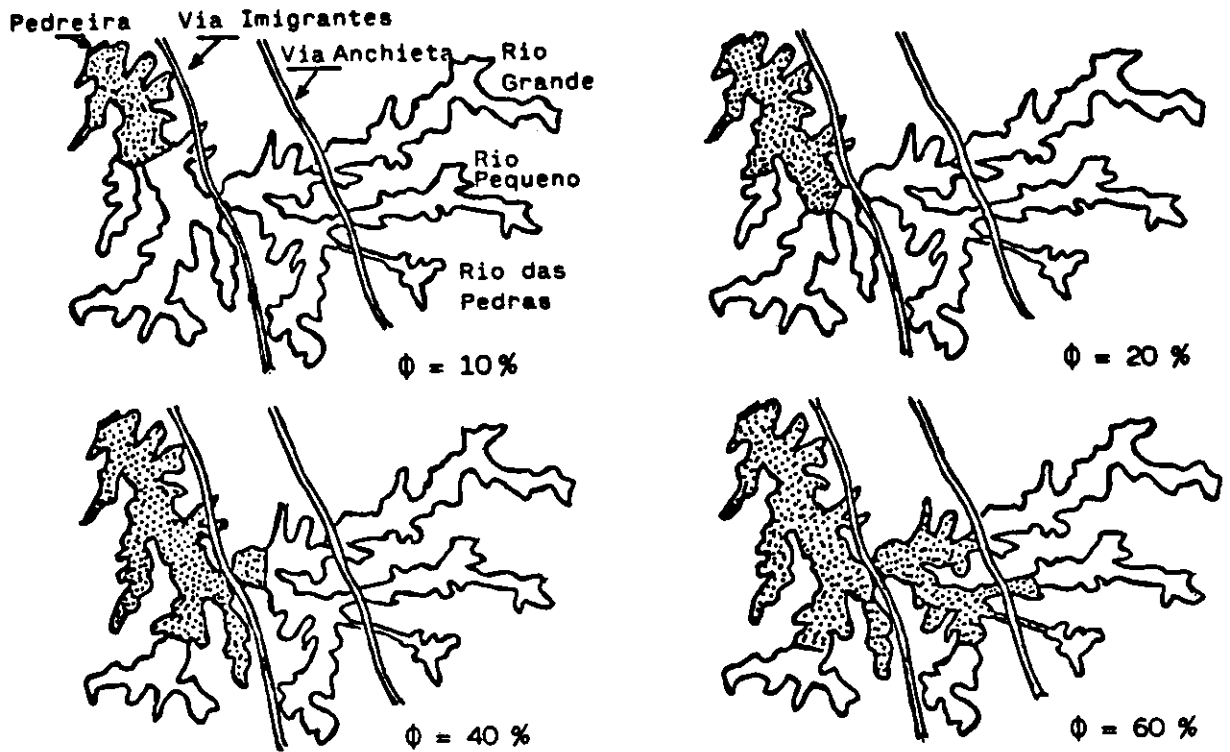
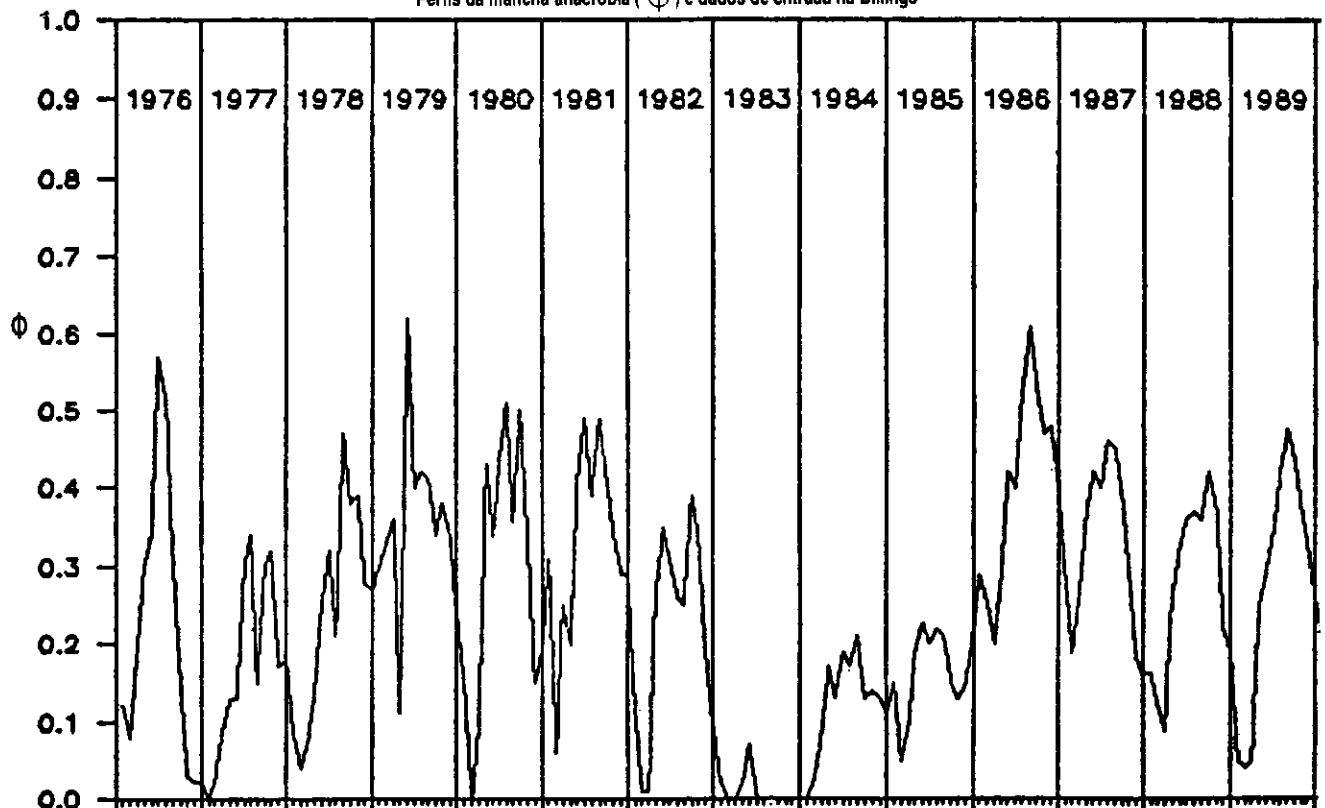


Figura 5

Perfis da mancha anaeróbia ( $\phi$ ) e dados de entrada na Billings



	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
<u>Vazão Média (maio/out)</u>														
% Bombeada em Pedreira			95	95	95	95	20	50	51	96	61	58	66	
<u>DBO<sub>5</sub> em Pedreira</u>														
Concentração (mg/l)			36	40	39	38	16	42	48	60	57	52	52	
Carga (t/d)			195	260	214	247	67	129	182	400	175	218	335	