

Relatório CONVÊNIO SANESP - CETESB

Período de março - agosto de 1.973

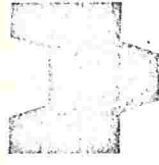
// Levantamento de condições sanitárias e avaliação de capacidade da assimilação do sistema Juqueri - Pirapora. //

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

BIBLIOTECA

AV. PROF. FERDINANDO HERRMANN JR., 245 CEP 06489 - PINHEIROS

SÃO PAULO - BRASIL



1 - INTRODUÇÃO

Os problemas sanitários decorrentes da vertiginosa expansão demográfica verificada na área metropolitana da Grande São Paulo, ou seja aqueles relativos ao abastecimento de água, a coleta e destino adequados de esgotos tem preocupado o Governo do Estado já há alguns anos. Desde então, estudos tem sido elaborados no sentido de um aproveitamento racional dos recursos hídricos existentes.

O Governo do Estado, através do Departamento de Água e Energia Elétrica, contratou firmas especializadas, para o estabelecimento de um plano Diretor de Obras visando o Desenvolvimento Global dos Recursos Hídricos das bacias hidrográficas da região.

Os resultados deste estudo apresentados no relatório final em 1968, são baseados nos estudos realizados pela firma "Hazen and Sawyer" e pelo Convênio "HIBRACE" que preveem a utilização parcial da represa Billings como lagoa de estabilização.

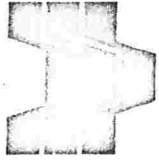
Em 1971 foi apresentado no VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária um plano sobre a disposição dos esgotos da Grande São Paulo pela equipe técnica do GEGRAN (Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado da Grande São Paulo), cuja viabilidade está sendo estudada com maior profundidade através do Convênio SANESP/GEGRAN.

Este plano consiste no aproveitamento da bacia do rio Juquerí e do reservatório de Pirapora para a disposição do esgoto da Grande São Paulo, implantando-se sistemas com diversos níveis de tratamento com concomitante aproveitamento da capacidade assimiladora do sistema hídrico.

Por se tratar de um estudo, cujo grau de complexidade faz envolver todas as especialidades da engenharia sanitária, a CETESB também dele participa através do contrato de serviço firmado pelo Convênio CETESB/SANESP, visando os seguintes objetivos:

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 São Paulo



CETESB

2

1.1. Reconhecimento das atuais condições sanitárias do sistema Juqueri-Pirapora.

1.2. Conhecimento da capacidade assimiladora de materiais poluentes no rio Juqueri e reservatório Pirapora.

A fim de atender os objetivos referidos acima, no período de março a agosto de 1.973, foram efetuados os trabalhos relacionados a seguir:

- a) Análise periódica de 35 parâmetros físico-químicos hidrobiológicos, bacteriológicos e toxicológicos em 31 pontos de coleta no sistema Juqueri-Pirapora e na represa Billings.
- b) Várias coletas consecutivas com a finalidade de concretização de dados obtidos anteriormente.
- c) Levantamento bibliográfico e discussões referentes ao funcionamento do sistema da lagoa de estabilização no reservatório de Pirapora.
- d) Levantamento das condições hidráulicas do sistema.
- e) Avaliação da capacidade assimiladora de matéria orgânica no rio Juqueri em diferentes anos do projeto.
- f) Avaliação preliminar da capacidade assimiladora de matéria orgânica no reservatório de Pirapora em diferentes anos de projeto, através de estudos de:
 - lagoa experimentais construídas na ETE-Pinheiros e Ipiranga.
 - represa Billings.
 - reservatório de Pirapora.
 - lagoa de estabilização de São José dos Campos.

g) Algumas considerações e experiências sobre eutrofização da represa Billings relacionado com o tratamento de esgoto de São Paulo no sistema em estudo.

Deve-se salientar que o estudo está em andamento para a obtenção de

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 · São Paulo

3

- Dados complementares para o reconhecimento de condições sanitárias atuais do sistema.
- Dados hidráulicos no rio Juqueri, reservatório Pirapora e Billings com maior detalhe.
- Dados completos para a avaliação da capacidade assimiladora não só de matéria orgânica bem como de bactérias e sais nutrientes no res. Pirapora através dos estudos citados acima.
- Dados climatológicos da região do reservatório Pirapora.

2. LEVANTAMENTO SANITÁRIO

2.1. Procedimentos

Os trabalhos iniciais constaram de tomadas de amostras de água para avaliação de parâmetros físico-químicos (inclusive Pesticidas) e Biológicos (Bacteriológico e Hidrobiológico) no sistema Juqueri-Pirapora durante duas épocas: de março a maio correspondente a época de chuvas, e de junho a julho correspondente a época de seca. Para traçar o perfil sanitário do curso da água, além da coleta normal foi feita uma campanha especial durante época de seca. Na represa Billings, foram efetuadas coletas somente na época da seca.

Os pontos de amostragem foram selecionados atendendo a situação das fontes poluidoras, bem como facilidades de acesso.

Atendendo aos objetivos expostos acima foram demarcados 32 pontos de coleta no sistema e na represa Billings localados nas figuras 2.1 e 2.2 e em seguida relacionados.

A - Ribeirão São Miguel

Ponto 1 - Cabeceiras (Olaría)

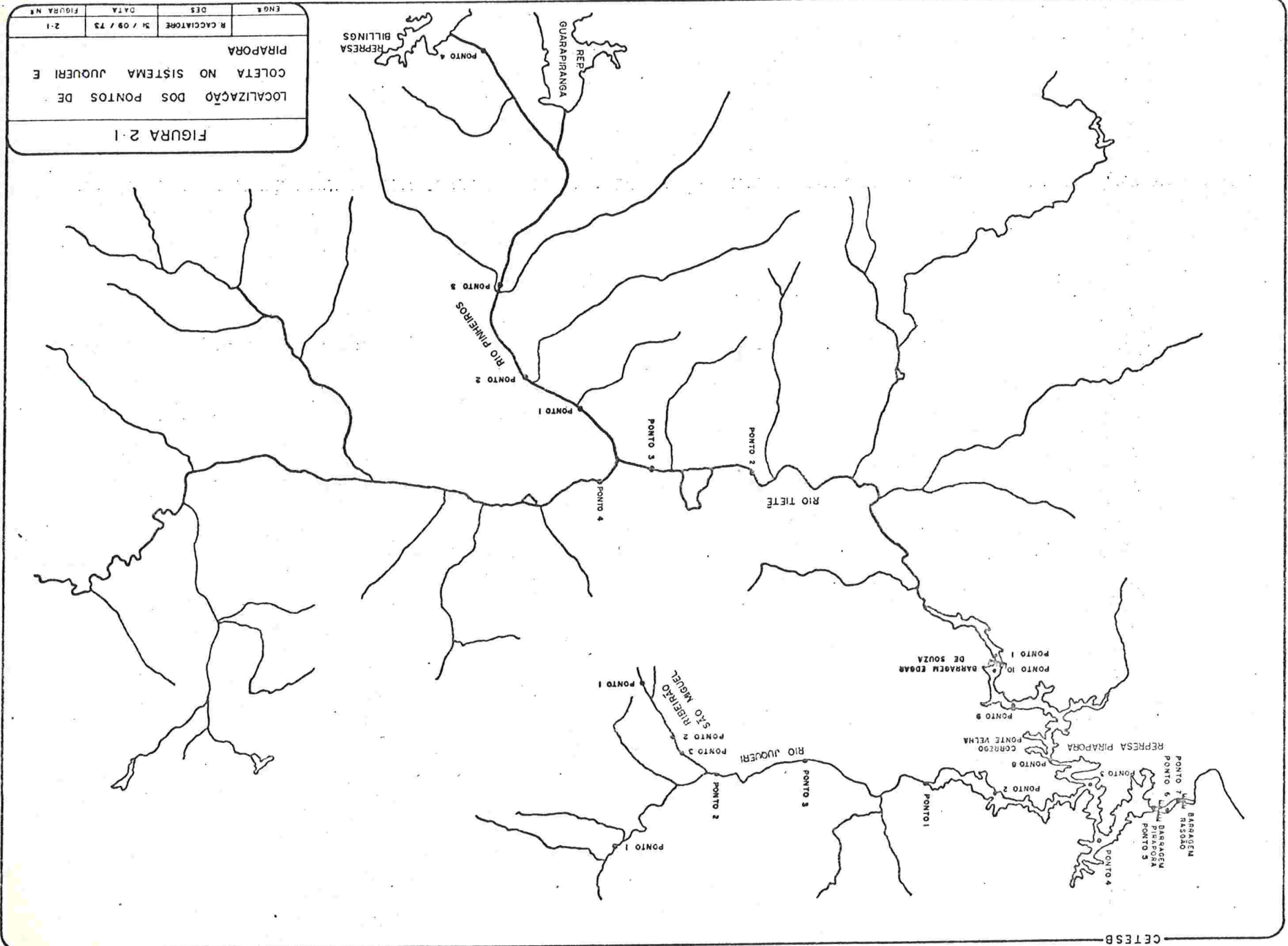
Ponto 2 - Indústria de Adubos João Gava - imediatamente a montante.

Ponto 3 - Indústria de Adubos João Gava - imediatamente a jusante.

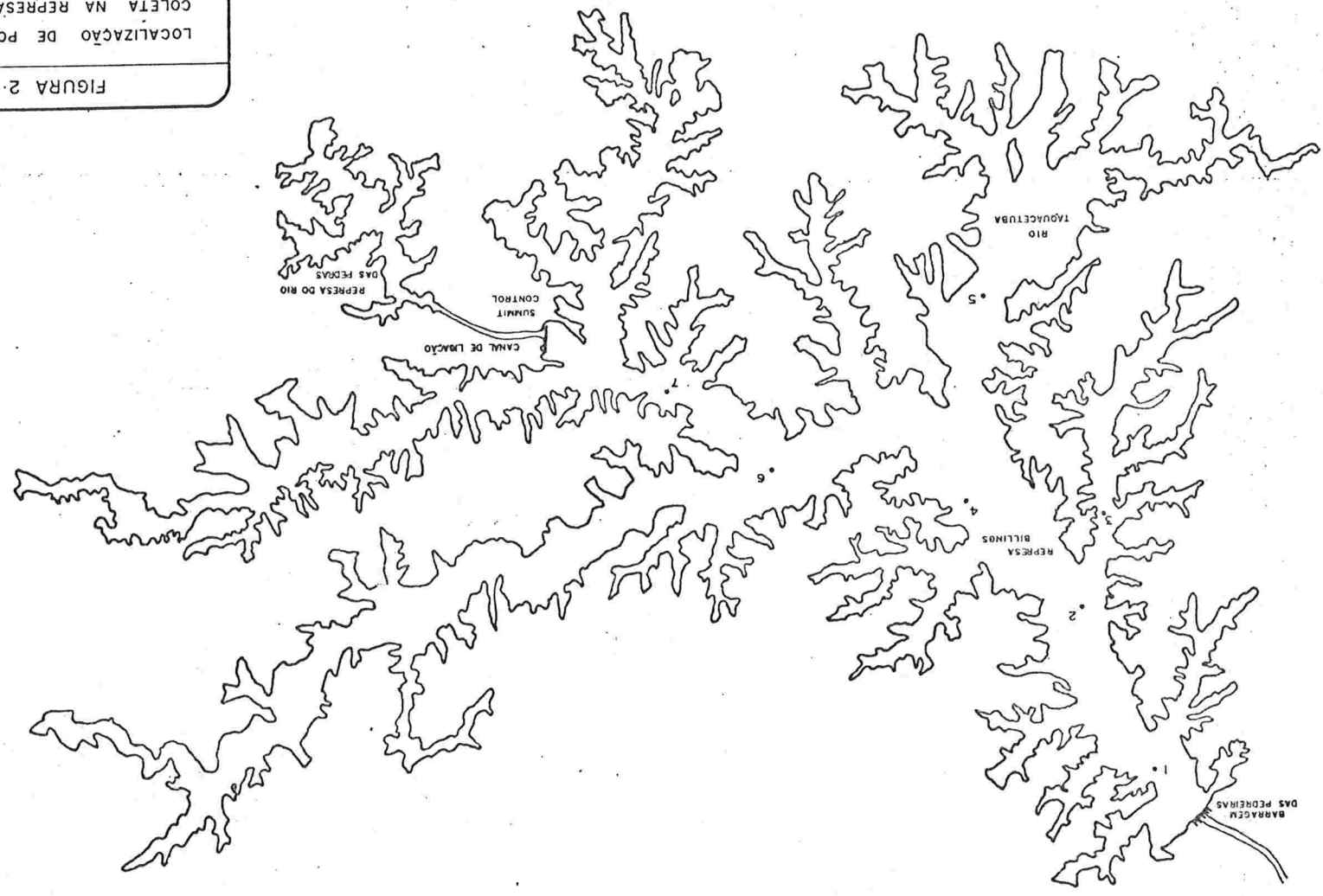
Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 São Paulo

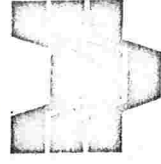
FIGURA 2-1		LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA NO SISTEMA JUQUERI E PIRAPORA	
ENG.	DES.	DATA	FIGURA Nº
M. CACCIATORE		31 / 09 / 73	2-1



ENGR		DES		DATA		FIGURA Nº	
R CACCIATORE		31 / 09 / 73		2 2			
LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE COLETA NA REPRESA BILLINGS							
FIGURA 2.2							



CETESB



CETESB

4

B - Rio Juqueri

- Ponto 1 - Indústria de Papel e Celulose "Melhoramentos" imediatamente a montante.
- Ponto 2 - Confluência Ribeirão São Miguel -500 metros a jusante
- Ponto 3 - Ponte na Anhanguera.

C - Reservatório de Pirapora

- Ponto 1 - Braço do Rio Juqueri - entrada no Reservatório de Pirapora.
- Ponto 2 - Braço do Rio Juqueri - Ponte de Cajamar.
- Ponto 3 - Braço do Rio Juqueri - Saída.
- Ponto 4 - Foz do Rio Tanquinho.
- Ponto 5 - Barragem de Pirapora - imediatamente a montante.
- Ponto 6 - Barragem de Pirapora - imediatamente a jusante.
- Ponto 7 - Barragem de Rasgão - imediatamente montante.
- Ponto 8 - Braço do Rio Tietê - jusante do córrego Ponte Velha.
- Ponto 9 - Clube do Servidor Municipal.

- Ponto 10 - Pirapora - imediatamente jusante da Barragem Edgar de Souza.

D - Rio Tietê

- Ponto 1 - Barragem Edgar de Souza - imediatamente montante.
- Ponto 2 - Porto de areia - imediatamente a montante do campo de aviação.
- Ponto 3 - Ponte no Jardim Rochedale.
- Ponto 4 - Ponte no Remédio.

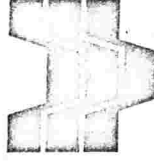
E - Rio Pinheiros

- Ponto 1 - Ponte Jaguaré.
- Ponto 2 - Ponte Alvarenga.
- Ponto 3 - Elevatórios de Traição.
- Ponto 4 - Ponte de Interlagos.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 - São Paulo

7



F - Represa Billings

- Ponto 1 - 1,5 km de barragem de Pedreira
- Ponto 2 - 6 km de barragem da Pedreira
- Ponto 3 - Braço de Bororé - 2 km do ponto 2.
- Ponto 4 - 11 km de harragem de Pedreira.
- Ponto 5 - Braço de Taquacetuba - 5 km do ponto 5.
- Ponto 6 - Imediatamente jusante da barragem de entrada de imi--
grante.
- Ponto 7 - 20 km da barragem de Pedreira.

Para as análises de metais pesados e pesticidas foram coletadas amostras de quatro pontos: entrada do Braço do Rio Juquerí no Reservatório de Pirapora (ponto 1), braço do Rio Tietê a montante da Barragem Edgar de Souza (ponto 10); Rio Tietê (Jardim Rochedale - ponto 3) e no Rio Pinheiros (Ponte de Interlagos - ponto 4), que possibilitaram conhecer o fluxo destes tóxicos e sua influência no comportamento do sistema.

Os nutrientes (nitrogênio e fósforo) e plancton foram analisados somente no Reservatório de Pirapora e Rasgão.

Nos demais pontos de amostragem foram determinados os parâmetros Físicos-Químicos e Bacteriológicos selecionados para o presente estudo.

As análises foram efetuadas segundo normas estabelecidas na 13ª edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (1).

Para obtenção dos dados de Fito plancton utilizou-se do método da decantação que consiste na preservação das amostras em formalina e posterior decantação em "becker" de 5 litros onde algas e outros organismos sofrem identificação e contagem.

2.2. Resultados obtidos e apreciações

Todos resultados obtidos no levantamento sanitários encontram-se nos quadros 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.5, 2.2.6, 2.2.7, 2.2.8, 2.2.9 e 2.3.0

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 São Paulo

QUADRO 2.2.8

Dados de DBO e OD obtidos na coleta consecutiva no rio Juqueri e res. Pirapora
(unid. mg/l)

Horas de coletas	2 (rio Juqueri)		3 (rio Juqueri)		1 (res. Pirapora)	
	D.B.O	O.D	D.B.O.	O.D.	D.B.O.	O.D.
08:00-09:00	85	0,4	38	0,5	36	0,0
09:00-10:00	53	0,3	47	0,3	27	0,0
10:00-11:00	82	0,4	28	0,0	26	0,0
11:00-12:00	60	0,2	44	0,0	28	0,0
12:00-13:00	84	0,4	33	0,0	16	0,0
13:00-14:00	51	0,2	37	0,0	18	0,0
14:00-15:00	86	0,2	47	0,0	57	0,0
15:00-16:00	91	0,2	38	0,0	27	0,0
16:00-17:00	62	0,6	38	0,0	15	0,0
Média	73	0,3	39	0,0	28	0,0

QUADRO 2.2.9

Dados de DBO e OD obtidos na coleta consecutiva no rio Tietê no trecho em estudo
(unid. mg/l)

Horas de coleta	Ponto de coleta					
	1		2		3	
	D.B.O.	O.D.	D.B.O.	O.D.	D.B.O.	O.D.
08:00 - 10:00	0,2	-	4,6	3,3	10	0,1
10:00 - 12:00	2,2	-	3,2	3,4	17	0,1
12:00 - 14:00	0,4	-	3,6	3,6	18	0,1
14:00 - 16:00	3,0	-	0,2	4,8	18	0,1
Média	1,1	-	2,9	3,8	15,8	0,1

Quadro 2.3.0

Dados de DBO obtidos na coleta consecutiva no rio Pinheiros
(unid. mg/l)

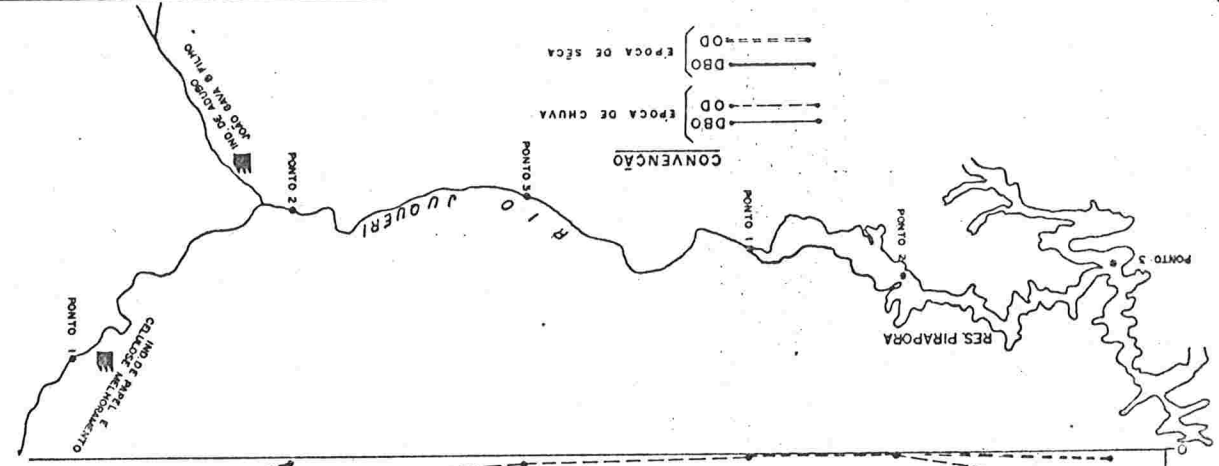
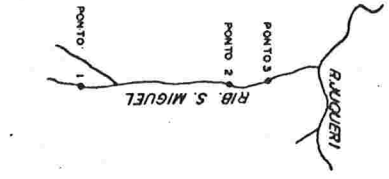
Horas de coleta	Ponto de coleta			
	1	2	3	4
08:00 - 10:00	91	66	36	36
10:00 - 12:00	103	91	42	30
12:00 - 14:00	70	93	55	49
14:00 - 16:00	62	77	42	33
Média	82	82	43	37

ENGR	ANDRÉ R. NETO	31/09/73	2-1
DE S.			
DATA			
GRÁFICO Nº			

(1973)

PERFIL SANITÁRIO RIB. SÃO MIGUEL, RESER-
VATÓRIO PIRAPORA E DO RIO JUQUERI
NA ÉPOCA DE CHUVA E ÉPOCA DE SECA

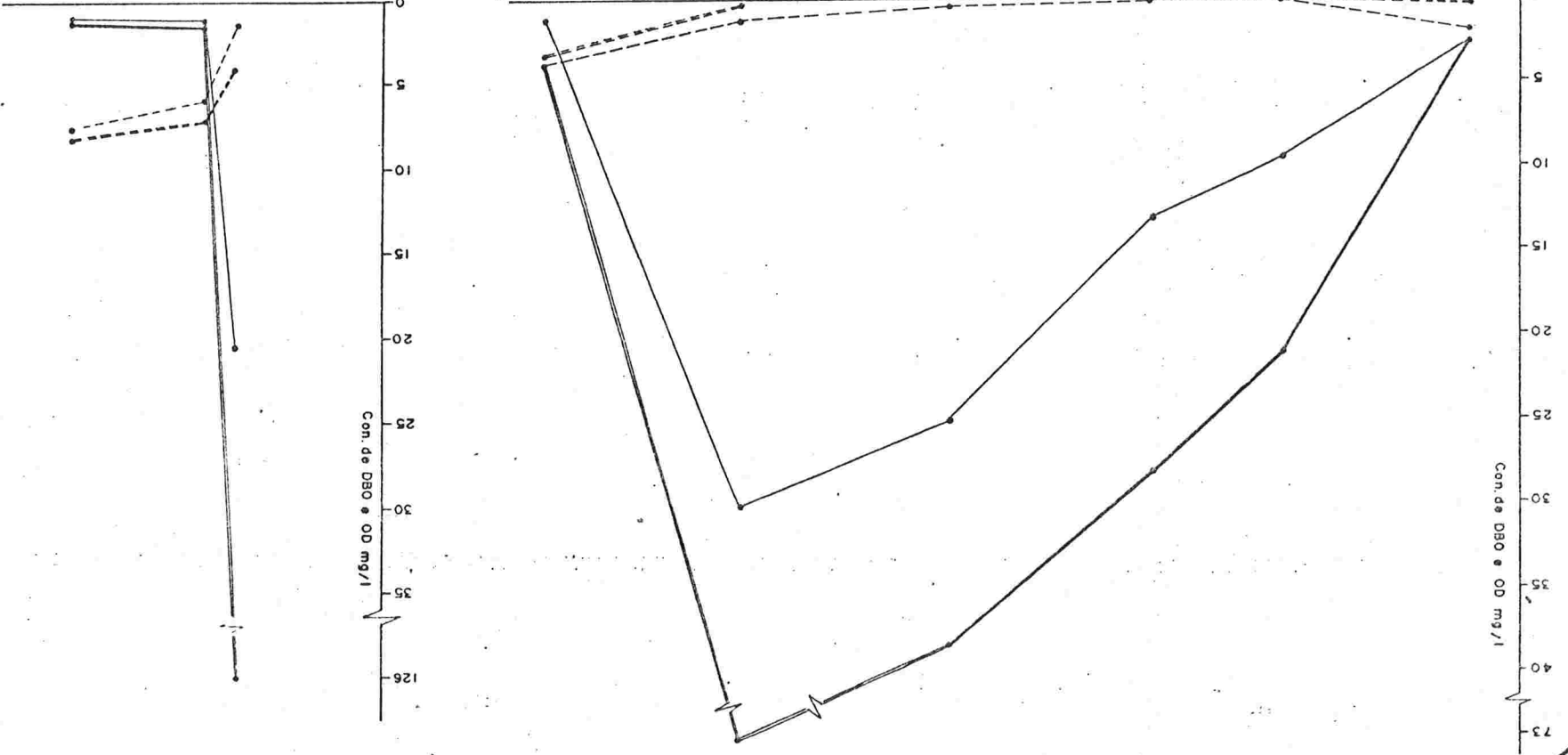
GRÁFICO 2-1



CONVENÇÃO

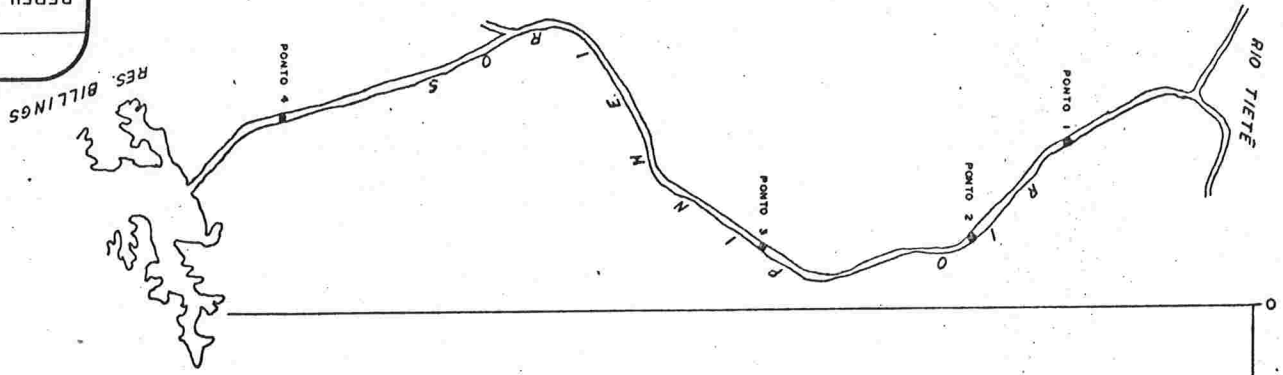
DBO ——— ÉPOCA DE CHUVA

OD ——— ÉPOCA DE SECA



ENG: ANDRÉ R. NETO
 DES: ANDRÉ R. NETO
 DATA: 31/09/73
 GRÁFICO Nº: 2-3
 (1973)
 PERFIL SANITÁRIO DO RIO PINHEIROS
 NA ÉPOCA DE CHUVA E ÉPOCA DE SECA

GRÁFICO 2-3



CONVENÇÃO
 —●— DBO ÉPOCA DE CHUVA
 —●— DBO ÉPOCA DE SECA

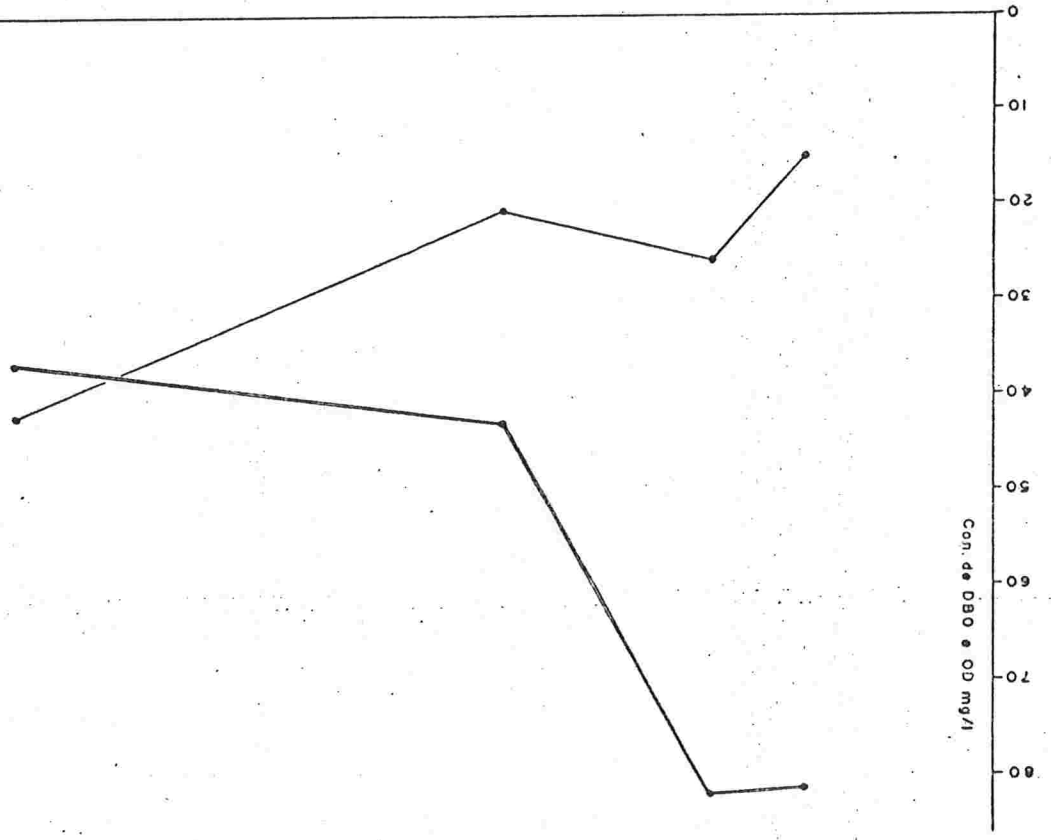
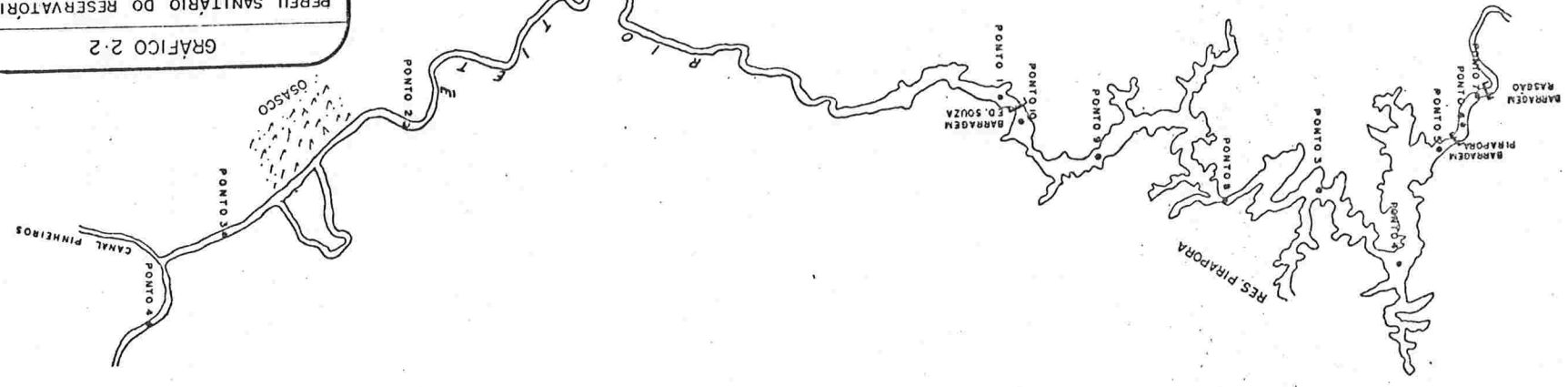


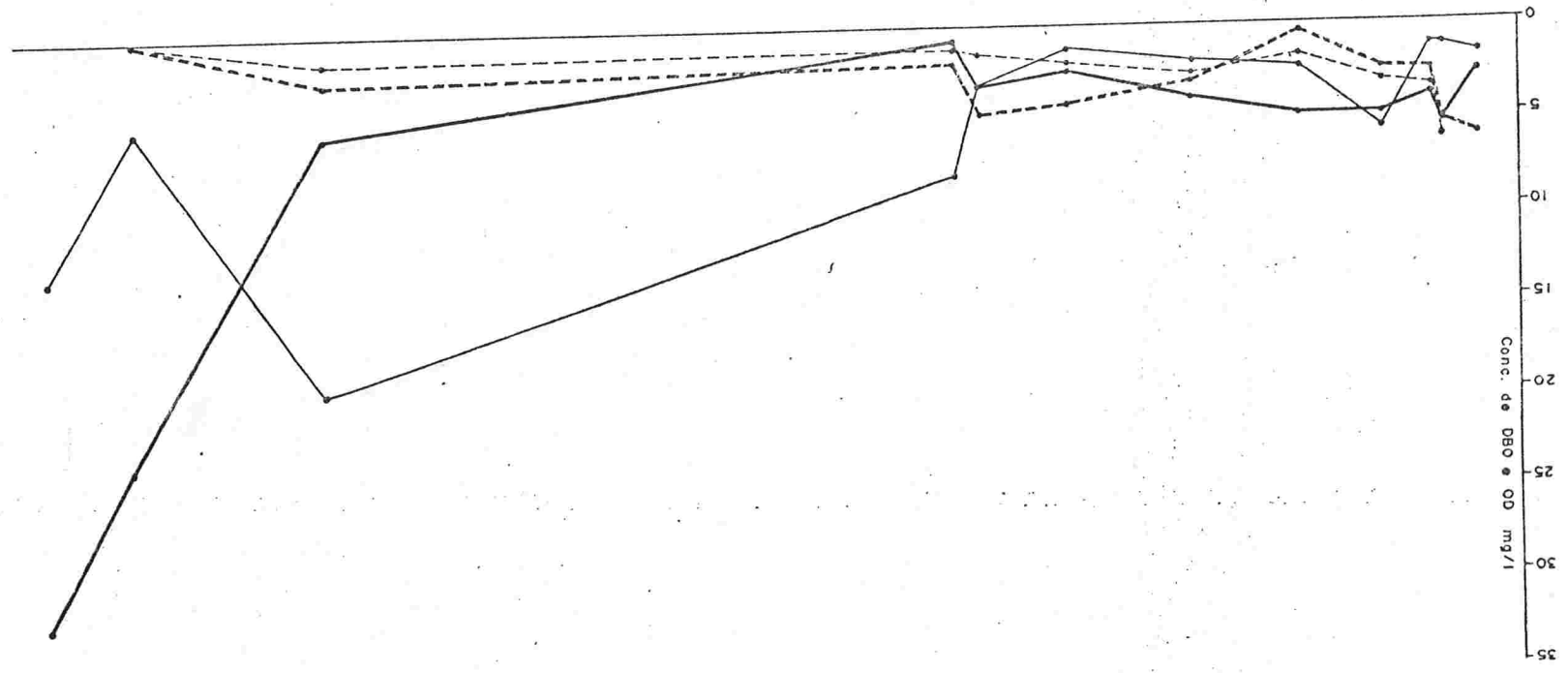
GRÁFICO 2-2
PERFIL SANITÁRIO DO RESERVATÓRIO
PIRAPORA E RIO TIETÊ
NA ÉPOCA DE CHUVA E ÉPOCA DE SECA
(1973)

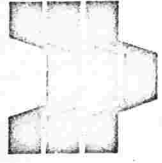
ENC.	DES.	DATA	GRÁFICO N.º
ANDRÉ R. NETO		31/09/73	2-2



CONVENÇÃO

— DBO — ÉPOCA DE CHUVA
- - - OD - - - ÉPOCA DE SECA





e nos gráficos 2.1, 2.2 e 2.3.

Apresentam-se a seguir apreciações de resultados de acordo com cada trecho do rio em estudo.

2.2.1. Ribeirão São Miguel

O Ribeirão São Miguel possui um percurso cerca de 8 km desde suas nascentes localizadas na Serra da Cantareira até a confluência com o rio Juqueri. A qualidade de suas águas são satisfatórias nos pontos 1 e 2 de amostragem, evidenciada pelos baixos valores de DBO (variação de 0,6 a 2,4 mg/l) e pelos teores de Oxigênio Dissolvido que acusaram valores acima de 6,0 mg/l. - Devido a contribuições provenientes de chácaras e sítios localizados naquela área, há um ligeiro aumento nos índices colimétricos e valores de DBO.

Os valores de pH apresentaram-se alcalinos, oscilando de 7,1 a 7,7 diferindo das características normalmente encontradas nas águas limnológicas no Estado de São Paulo. Atribue-se êste fato condições geológicas da bacia do Ribeirão São Miguel.

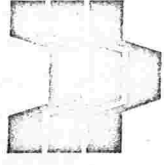
A jusante do ponto 2 de coleta, o Ribeirão São Miguel recebe os lançamentos da Indústria de Adubo João Gava, modificando totalmente as qualidades sanitárias deste recurso hídrico. No ponto 3 de coleta, pela elevação brusca dos valores de DBO e DQO, na época de seca a DBO chega a atingir 126/mg/l (média de 3 amostragem), acarretando a diminuição nos valores de Oxigênio Dissolvido.

2.2.2. Rio Juqueri

O ponto 1 de amostragem localizado a jusante da região de Franco da Rocha apresenta teores reduzidos de Oxigênio Dissolvido notadamente na época de seca (média de 3,3 mg/l) e índices elevados de coliformes fecais devido a contribuição de cargas poluidoras provenientes dos despejos do matadouro do Hospital Psiquiátrico do Juqueri e município de Franco da Rocha.

Após o lançamento do despejo da Indústria de Papel e Celulose Melho

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas



CETESB

7

ramentos situada logo à jusante do ponto 1, o rio sofre modificações profundas em relação ao aspecto sanitário.

A água apresenta-se marrom-escuro e com odor característicos de despejo de Indústria de Papel e Celulose. No ponto 2 a jusante da confluência do rio Juqueri com o Rib. São Miguel, os valores de DBO aumentam bruscamente atingindo em média na época de chuva cerca de 30 mg/l e na época de seca 73 mg/l.

Baseando-se nas vazões medidas e nos teores de DBO obtidos através de coleta intensiva. No dia 03/08/73, estimou-se aproximadamente em 11 Ton de D.B.O. o fluxo no citado ponto.

Nos 20 kms de percurso o rio Juqueri, desde o ponto 2 até a sua desembocadura no reservatório de Pirapora, não recebe lançamentos significativos de despejos, de tal maneira que os índices de DBO diminuem neste trecho cerca de 60% na época de chuva e seca.

A lignina responsável pela cor marrom-escuro das águas que se mantém em todo o percurso devido à sua baixa biodegradabilidade.

2.2.3. Reservatório de Pirapora

O processo de estabilização das águas do Rio Juqueri verificado no seu percurso, continua no reservatório de Pirapora.

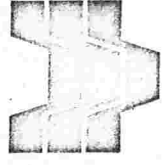
Assim é que do ponto 1 ao ponto 3 da coleta, observa-se uma redução de DBO de 13 mg/l para 3 mg/l no valor médio durante o período chuvoso, sendo importante notar que esta diferença na época de seca é maior.

Quanto ao Oxigênio Dissolvido, nota-se que seus teores são nulos durante a seca e apresenta insignificantes entre pontos 2 e 3 no período da chuva.

A partir do ponto 3 as águas do rio Juqueri seguem dois sentidos. Uma parte se desloca para Tietê abaixo através da Barragem de Pirapora e outra Tietê acima via Barragem Edgar de Souza.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 - São Paulo



De acordo com o levantamento hidráulico em estudo apresentado pela Hazen and Sawyer (1967), o Rio Juquerí contribui com uma vazão média anual de 13,4 m³/s dos quais 10,3 m³/s são revertidos para a Billings e os 3.1 m³/s restantes seguem o médio Tietê.

Na primeira direção, verifica-se uma sensível melhoria na qualidade das águas conforme se pode observar nos resultados de D.B.O., índices colimétricos e resíduos nos pontos 3, 8, 9 e 10, sendo de notar maior taxa da recuperação durante a seca em virtude de maior tempo de detenção e ausência da carga proveniente da barragem da Edgard de Souza.

Por outro lado, nos pontos 5 e 6 nota-se sensível aumento do oxigênio dissolvido provocado pela queda d'água da barragem de Pirapora.

Há baixa concentração de algas no Reservatório de Pirapora devido principalmente aos baixos teores de fosfatos e altos valores de cor e turbidez originados do despejo da indústria de papel e celulose.

É importante ressaltar que, segundo verificação realizada no mês de março, não se observou praticamente estratificação térmica no corpo principal do reservatório, apresentando suas águas características físicas e químicas homogêneas, exceto nos pontos 6, 7, 10 e 11 onde foi notada leve estratificação. (Figura 2.3 e Quatro 2.3.1, 2.3.2 e 2.3.3).

2.2.4. Rio Tietê (trecho Edgard de Souza - Retiro).

Há uma expressiva diferença entre as condições sanitárias observadas na época de chuva e da seca. Assim é que se observa durante a época da seca a melhor qualidade das águas entre barragem de Edgard de Souza (ponto 1) e a montante da cidade de Osasco (ponto 2), caracterizada, aí, por valores menores de D.B.O., enquanto que na chuva, há uma inversão desta situação, é possível que o fenômeno se explique pela mudança de sentido da água do Tietê e pelas descargas de despejos industriais proveniente de Osasco e vizinhanças, pois, durante a época da chuva as águas correm do ponto 2 para 3, ocorrendo

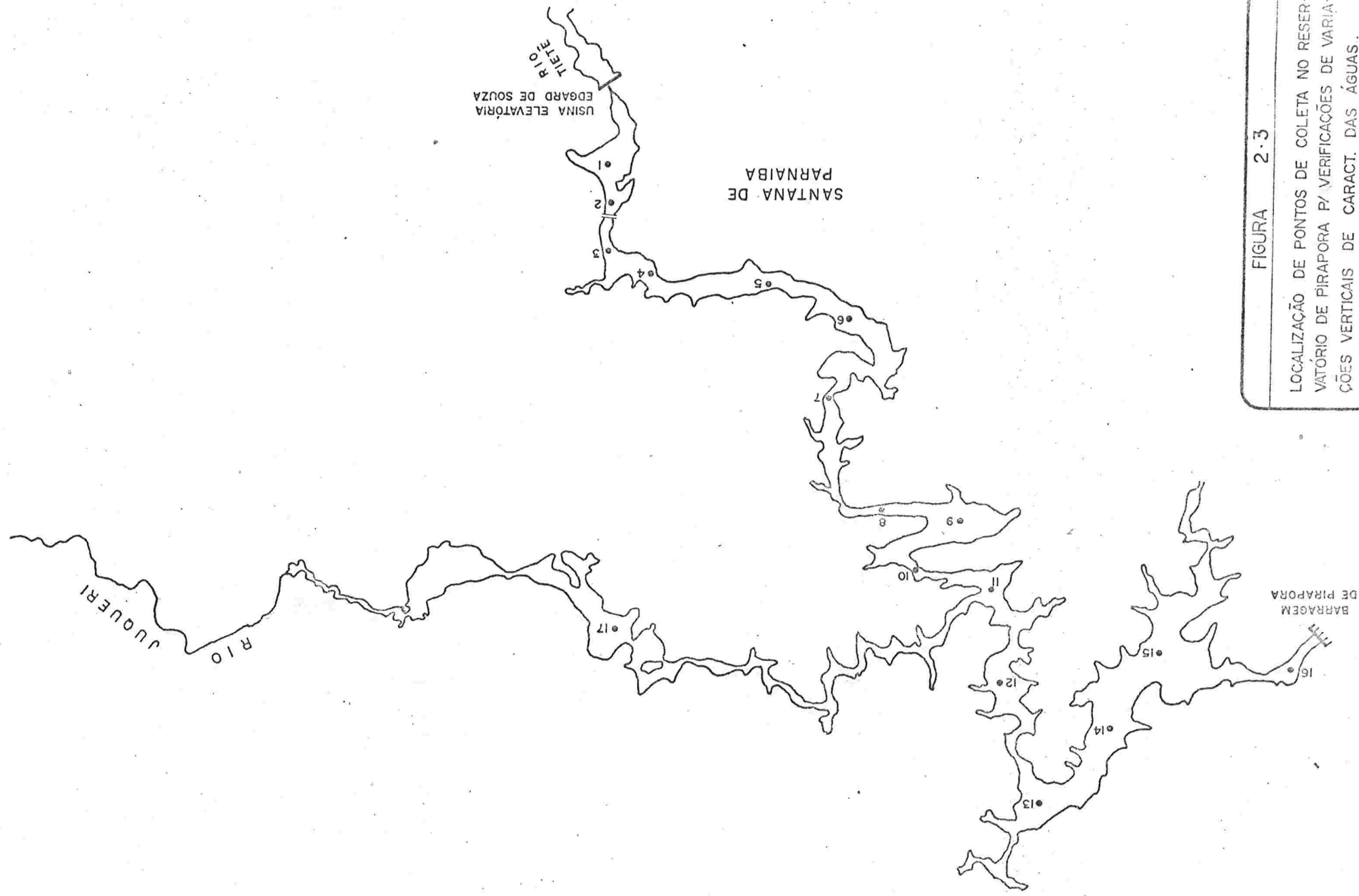


FIGURA 2-3

LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE COLETA NO RESER-
VATÓRIO DE PIRAPORA P/ VERIFICAÇÕES DE VARIA-
ÇÕES VERTICAIS DE CARACT. DAS ÁGUAS.

ENGº	R. CACCIATORE	31/09/73	2-3
	DESENHISTA	DATA	NÚMERO

Variações verticais de características de águas no reservatório de Pirapora.

D A T A		14 - 03 - 73				
Pontos Coleta	profund. (m)	Temp. Água °C	Alcalinidade (mg/l)	Cloreto (mg/l)	O.D. (mg/l)	pH
1	0,0	25	43	18	0,4	7,0
	1,0	25	42	18	0,8	6,7
	2,0	25	43	19	3,4	6,9
	3,0	25	43	18	2,0	6,8
	5,0	25	40	20	2,8	6,8
2	0,0	25	43	16	2,8	6,8
	1,0	25	48	18	2,8	7,0
	2,0	25	38	19	2,4	6,9
	3,0	25	34	23	1,2	6,7
	5,0	25	41	18	3,2	6,9
3	7,0	25	42	18	0,8	6,8
	0,0	26	45	18	3,8	7,0
	1,0	26	42	18	4,6	6,8
	2,0	26	42	18	4,0	6,8
	3,0	25	41	20	3,6	6,8
4	5,0	25	43	19	2,6	6,8
	7,0	25	42	18	3,2	7,0
	10,0	24	43	20	quebrou	6,9
	0,0	26	40	19	3,4	6,9
	1,0	26	42	20	2,0	6,9
5	2,0	26	43	18	2,8	6,9
	3,0	26	42	18	2,8	6,9
	5,0	25	42	18	2,8	6,9
	7,0	25	43	18	2,4	6,9
	10,0	25	40	18	2,8	6,9
	0,0	27	42	17	6,4	7,0
	1,0	27	42	18	4,2	7,0
	2,0	26	44	16	3,8	7,0
	3,0	26	42	13	3,6	7,0
	5,0	26	43	18	1,6	7,0
	7,0	25	42	18	2,8	7,0
	9,0	25	42	20	4,0	7,0

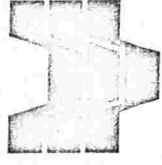
QUADRO 2.3.2

Variações verticais de características das águas no reservatório de Pirapora.

DATA						
14 - 03 - 73						
Pontos Coletas	profund. (m)	Temp. Água °C	Alcalinidade (mg/l)	Cloreto (mg/l)	O.D. (mg/l)	pH
6	0,0	28	41	18	6,0	7,0
	1,0	26	42	18	3,6	7,0
	2,0	26	42	18	1,6	7,0
	3,0	26	42	22	3,2	7,0
	5,0	26	40	18	2,8	7,0
	7,0	26	43	16	1,2	7,0
	10,0	25	39	17	0,0	7,0
7	0,0	29	42	18	2,0	6,8
	1,0	26	42	14	2,4	6,8
	2,0	26	44	18	1,6	6,8
	3,0	26	42	16	1,8	6,8
	5,0	25	36	17	1,4	6,8
	7,0	25	42	18	1,4	6,8
	10,0	25	41	18	1,0	6,8
8	15,0	25	43	18	1,4	6,8
	0,0	-	43	18	1,4	7,0
	1,0	26	43	18	1,6	7,0
	2,0	25	43	18	1,2	7,0
	3,0	25	42	18	0,8	7,0
	5,0	25	43	18	0,8	7,0
	10,0	25	37	17	0,4	7,0
18,0	25	48	16	1,0	7,0	

Variações verticais de características das águas no reservatório de Pirapora.

Pontos Coletas	profund. (m)	Temp. Água °C	Alcalinidade (mg/l)	Cloroto (mg/l)	U.D. (mg/l)	pH
9	0,0	24,3	40	20	1,0	7,1
	1,0	25,0	40	20	1,6	7,0
	2,0	24,5	41	19	1,6	7,1
	3,0	24,4	39	18	0,4	7,0
	4,0	24,4	42	18	0,8	6,5
	5,0	24,4	43	32	0,8	7,0
	7,0	24,4	43	20	0,8	7,0
	10,0	24,4	41	19	0,4	7,0
	15,0	24,4	39	22	0,4	7,0
10	0,0	25,0	34	24	0,8	6,7
	1,0	24,8	42	20	0,8	6,8
	2,0	24,6	40	21	0,4	6,9
	3,0	24,5	43	20	0,8	6,9
	4,0	24,3	44	20	1,2	6,9
	5,0	24,3	42	17	0,8	6,9
	7,0	24,3	44	19	0,4	7,0
	10,0	24,3	40	20	0,8	7,1
	12,0	24,3	41	20	0,8	6,9
11	14,0	24,0	37	20	0,0	6,9
	0,0	26,5	41	18	1,6	7,1
	1,0	24,5	30	20	1,2	6,8
	2,0	24,5	40	19	0,8	6,8
	3,0	24,5	44	20	0,8	6,9
	4,0	24,5	44	18	0,8	6,8
	5,0	24,5	43	20	1,2	6,8
	6,0	24,5	42	24	0,4	6,9
	7,0	24,5	42	20	0,4	7,0
12	8,0	24,5	41	21	0,4	6,9
	9,0	24,5	40	21	0,6	7,1
	10,0	24,5	40	20	0,6	7,0
	11,0	24,5	41	21	0,6	7,0
	15,0	24,0	35	21	0,4	7,0
	19,0	23,5	39	24	0,0	6,9
	0,0	25,3	40	20	1,6	7,1
	1,0	25,0	40	20	1,6	7,0
	2,0	24,5	41	19	1,6	7,1
13	3,0	24,4	39	18	0,4	7,0
	4,0	24,4	42	18	0,8	6,9
	5,0	24,4	43	32	0,8	7,0
	7,0	24,4	43	20	0,8	7,0
	8,0	24,4	41	19	0,4	7,0
	10,0	24,4	39	22	0,4	7,0
	0,0	23,0	38	15	1,0	7,0
	1,0	27,0	47	52	0,6	7,25
	2,0	27,0	37	12	0,0	7,75
3,0	27,0	38	15	0,0	7,4	
4,0	25,0	34	15	0,0	7,5	



o inverso na época de seca.

A redução dos valores de D.B.O. do ponto 4 para 3 nas duas épocas poderia ser ocasionada pelo efeito da sedimentação, visto que na confluência do Rio Tietê com o canal de Pinheiros há o alargamento da seção do rio, com a decorrente perda de velocidade.

2.2.5. Rio Pinheiros

Em todo o seu curso, é nulo os teores de oxigênio dissolvido e são elevados valores de D.B.O., índices colimétricos e resíduos, durante o período de estudo.

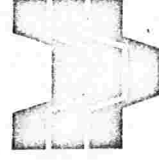
Nota-se tendência da redução de D.B.O. do ponto 2 para 3, sendo mais acentuada na época da seca. A justificativa para esta decorrência será apresentada após uma série de análises.

2.2.6. Presença de substâncias tóxicas no sistema Juqueri - Pirapora

As análises dos íons metálicos nos quatro pontos de coleta apresentaram teores abaixo do limite permissível para a preservação da flora e fauna aquática segundo consta no quadro 2.3.4 com exceção de concentrações encontradas de cromo trivalente no ponto 1 do res. Pirapora e no ponto 3 do rio Tietê e de íon zinco no ponto 3 do rio Tietê.

Geralmente, os íons metálicos tais como, zinco, chumbo, níquel, cobre, etc. formam facilmente sais insolúveis reagindo com hidróxido, carbonato, sulfito, etc. em condição anaeróbica, eliminando-se do corpo da água. Poderia ter ocorrido tais fenômenos particularmente no rio Tietê e no canal Pinheiros, tendo em vista grande contribuição de resíduos industriais contendo íons metálicos na área da grande São Paulo.

Embora tenham sido detectadas quantidades maiores dos pesticidas BHC e Lindano no ponto 1 do res. Pirapora e Clordano e Aldrin no ponto 1 do rio Tietê e ponto 4 do Rio Pinheiros, suas concentrações estão abaixo do limite permissível para água potável segundo "Critério para Abastecimento de



CETESB

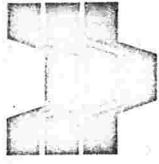
10

CETESB - CIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
"Água" (Quadro 2.3.5). BIBLIOTECA

QUADRO 2.3.4

LIMITE MÁXIMO DE CONCENTRAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
TÓXICAS PARA FAUNA E FLORA AQUÁTICA (3)

ELEMENTOS	CONC. MAX. PERMISSÍVEL mg/l
CROMO (Cr)	1,0
MANGANÊS (Mn)	1,0
COBRE (Cu)	0,01
MERCÚRIO (Hg)	0,004
ZINCO (Zn)	0,1
CHUMBO (Pb)	0,1
CIANETO (CN)	0,01
CÁDMIO (Cd)	0,03
NÍQUEL (Ni)	0,1
ESTANHO (Sn)	1,0
BROMO (Br)	1,0
ALUMÍNIO (Al)	0,1
FERRO (Fe)	1,0
CLORO (livre)	0,02
FLUOR (F)	1,5
AMONIA (N)	1,0 (pH 8,0)
ENXOFRE (S)	0,3 (pH = 6,5)



QUADRO 2.3.5

LIMITE MAXIMO DE CONCENTRAÇÃO DE PESTICIDAS
PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA (4)

PESTICIDA	CONC. MAX. PERMISSIVEL mg/l
ELDRIN	0,001
ALDRIN	0,017
DIELDRIN	0,017
LINDANO	0,056
TOXAFENO	0,006
HEPTACLORO	0,018
HEPTACLORO EPOXIDO	0,018
DDT	0,018
CLORDANO	0,042
ORGANO FOST. TOTAL E CARBONATOS	0,003
2, 4, 5 - TP	Limite individual=0,1 mg/l
2, 4, 5 - T	Soma de todas as combinações de Fexiclorados e Pesticidas Alquicos =0,1 mg/l
2, 4 D	

2.2.7. Represa Billings

A carga poluente lançada através da Barragem de Pedreira na represa Billings torna-se anaeróbica no seu corpo central evidenciada pelos teores nulos de oxigênio dissolvido e altos valores de DBO e DQO. A medida que se afasta da Barragem, observa-se uma gradativa diminuição nos valores destes parâmetros com o aparecimento de oxigênio dissolvido, devido a ação de auto-depuração.

Os índices colimétricos apresentam a mesma tendência das variações de DBO. O fosfato solúvel sofre reduções sensíveis no percurso do ponto 1 ao

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 São Paulo

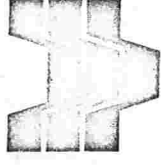
Variações verticais das características
das águas da Represa Billings

DATA 02/05/73						
Ponto de coleta	Profund. (m)	Temp. Água °C	pH	Cloreto (mg/l)	Alcalinidade mg/l	O.D mg/l
1	0,0	25,0	7,1	30,5	75	0,00
	1,0	25,0	7,0	28,5	88	0,00
	2,0	25,0	7,0	30,5	79	0,00
	3,0	25,0	7,0	34,0	70	0,00
	5,0	25,0	7,1	32,0	75	0,00
	7,0	24,5	6,9	28,5	75	0,00
2	10,0	24,5	7,0	29,0	79	0,00
	15,0	24,5	7,0	30,5	79	0,00
	0,0	25,0	7,1	30,0	74	0,00
	1,0	25,0	7,1	29,5	72	0,20
	2,0	25,0	7,1	29,5	70	0,08
	3,0	25,0	7,1	31,5	73	0,00
3	5,0	24,5	7,1	31,0	73	0,00
	7,0	24,5	7,1	31,5	73	0,00
	10,0	24,5	7,1	30,5	72	0,00
	15,0	24,5	7,0	27,5	71	0,40
	0,0	25,0	7,0	29,5	70	2,00
	1,0	25,0	7,1	30,5	68	2,00
	2,0	25,0	7,1	31,5	69	0,40
	3,0	25,0	7,1	30,5	70	0,28
	5,0	25,0	7,1	26,0	70	0,00
	7,0	25,0	7,1	31,0	69	0,04
	10,0	24,5	7,0	29,0	70	0,72
	15,0	24,5	6,9	30,0	70	0,04

Variações verticais das características das águas da Represa Billings.

25 - 04 - 73

D A T A		Pontos de profund. Coleta	Temp. Água °C	pH	Cloreto (mg/l)	Alcalinidade (mg/l)	O.D. mg/l
4	0,0	25,0	6,9	29,5	67	0,00	
	1,0	25,0	6,7	32,0	69	0,40	
	2,0	25,0	6,8	32,5	70	0,00	
	3,0	25,0	6,8	31,5	71	0,40	
	5,0	25,0	6,8	30,0	71	0,00	
	7,0	25,0	6,9	29,5	71	0,00	
	10,0	25,0	7,0	30,5	71	0,00	
5	15,0	24,0	6,9	29,5	71	0,00	
	0,0	24,0	7,1	29,5	64	2,40	
	1,0	25,0	6,9	27,5	66	2,00	
	2,0	25,0	6,9	32,0	65	0,80	
	3,0	25,0	6,9	23,5	66	0,40	
	5,0	24,0	6,8	27,0	67	0,40	
	7,0	25,0	7,1	28,0	64	0,40	
6	10,0	24,0	7,1	28,5	65	0,40	
	15,0	24,0	7,0	27,0	62	0,40	
	0,0	25,0	6,8	25,5	63	3,00	
	1,0	25,0	7,1	25,5	63	3,20	
	2,0	25,5	7,1	27,5	64	2,80	
	3,0	25,0	7,0	25,5	62	2,80	
	5,0	25,0	7,0	26,0	63	3,20	
7	7,0	25,0	7,1	27,5	63	1,00	
	10,0	24,0	6,8	25,0	63	0,20	
	15,0	24,0	6,6	25,0	64	0,20	
	0,0	25,0	6,5	29,0	60	4,80	
	1,0	25,0	6,9	28,5	60	2,50	
	2,0	25,0	6,9	30,5	62	3,00	
	3,0	25,0	6,7	21,0	62	2,80	
	5,0	25,0	6,8	30,5	62	2,00	
	7,0	24,5	6,8	31,0	62	1,50	
	10,0	25,0	6,5	29,5	62	1,20	
	15,0	25,0	6,7	30,0	61	0,80	



ponto 7, enquanto que há pouca remoção de nitrogênio inorgânico ocasionado provavelmente pela desaminação de matéria orgânica, na estabilização anaeróbica.

Nos pontos 3 e 5 de coleta localizados nos braços dos rios Bororé e Taquacetuba respectivamente, a qualidade sanitária de suas águas é precária, apresentando condições de quase anaerobiose, notando-se apenas uma redução sensível no índice de coliformes (fecal) no braço do rio Taquacetuba.

As análises revelaram a ausência de gás sulfídrico durante o levantamento.

Por outro lado, segundo os dados obtidos no levantamento das características verticais das águas da represa Billings (Quadro 2.3.0 e 2.3.7), não se observou estratificação térmica em nenhum dos pontos de amostragem. Os valores de pH, cloreto, e alcalinidade indicam também a homogeneização de suas águas, havendo no entretanto, concentração de oxigênio dissolvido que é maior na camada superior nos pontos 3, 5, 6 e 7 de coleta, provocada possivelmente pela ação fotossintética de algas.

3. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ASSIMILAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA NO RIO JUQUERI E RESERVATÓRIO DE PIRAPORA.

3.1. Rio Juqueri

O rio Juqueri, no trecho de interesse do presente estudo (logo a jusante da confluência com o ribeirão São Miguel até a foz do reservatório de Pirapora), possui uma extensão aproximada de 15 quilômetros. Estima-se a vazão média anual de 5,5 m³/s.

Como foi referido anteriormente o Rio Juqueri embora mantenha condição aeróbia na época da chuva na maior parte do seu percurso, torna-se anaeróbico durante a seca, com excessão de um pequeno trecho no seu percurso inicial. Futuramente, caso haja o lançamento dos esgotos de São Paulo de acordo com planos estabelecidos, será inevitável transformá-lo em condições completa

mente séptica em seu percurso durante qualquer época do ano.

Com a finalidade de aumentar a capacidade receptora de vazão e um melhor escoamento, prevê-se a retificação do rio Juquerí num futuro próximo.

Estão inseridos no quadro (3.1.1) os dados hidráulicos preliminarmente estimados para o rio Juquerí, antes e depois da retificação com as dife-
rentes vazões previstas.

Nesta previsão, admitiu-se que o citado rio será utilizado sem retificação até o ano de 1980 quando receberá uma vazão aproximada de 10 m³/s dos esgotos de São Paulo.

QUADRO 3.1.1

Vazão do Rio Juquerí com esgôto m ³ /s	Rio Juquerí antes da retificação		Rio Juquerí depois da retificação	
	H m	V m/s	H m	t dia
10	1,43	0,50	-	-
15	1,80	0,57	1,50	0,16
25	-	-	2,00	0,14
50	-	-	3,00	0,11

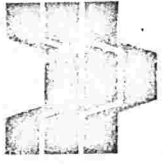
Obs.: H = Profundidade média

V = Velocidade média

t = tempo de percurso

3.1.1.1. Procedimentos de avaliação

Em condição anaeróbica, deve-se levar em consideração, na determina-



ção de capacidade assimiladora de rio, as seguintes constantes: de desoxigenação (k_1), de reaeração (k_2), de sedimentação (k_3) e de demanda bentônica de oxigênio (P).

A influência da constante de sedimentação de matéria orgânica (k_3) na capacidade assimiladora depende da velocidade do escoamento da massa líquida. Se se admitir que não haja depósito de sólidos acima de velocidade de 0,5 m/s, nas vazões de 15, 25 e 50 m³/s acima previstas, a constante k_3 será igual a zero. Este fato acarreta a ausência também da demanda bentônica de oxigênio. Assim sendo com vazões superiores de 10 m³/s as constantes de desoxigenação (k_1) e reaeração (k_2) constituem os principais fatores do processo de assimilação de matéria orgânica.

Utilizou-se os seguintes métodos para a determinação das constantes referidas:

constante k_2 = fórmula de Churchill (5)

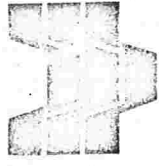
constante k_3 = foi avaliada através da fórmula 2 com base nos valores de DBO e constantes k_1 e k_2 determinados previamente.

constante p = processo utilizado nos estudos do Estuário de Tamisa (6).

constante k_1 = a estabilização da matéria orgânica no rio em condição anaeróbica processa-se em parte através da oxidação com o oxigênio difundido do ar para a água, cujo fenômeno ocorre em função da taxa de reaeração. Pode-se expressar esta relação na fórmula seguinte:

$$Lk_1 = Dk_2 \dots\dots\dots 1$$

$$K_1 = \frac{Dk_2}{L} \dots\dots\dots 1'$$



onde: D = "deficit" de O₂ (mg/l)
L = concentração de DBO (mg/l).

Portanto, determina-se o valor de k₁ em função dos valores de k₂, D e L.

Outra parte da matéria orgânica pode ser estabilizada anaerobicamente. Entretanto devido à baixa velocidade deste processo em relação ao aeróbio e ao pequeno tempo de percurso no trecho em estudo, desprezou-se a parte referente a estabilização anaerobia.

As reduções de D.B.O. devido à assimilação no percurso do rio foram calculadas através das fórmulas 2 e 3 expostas a seguir:

$$L_t = L_0 \cdot 10^{-k_1 t} \dots\dots\dots 2$$
$$L_t = \left[L_0 - \frac{P}{2.3 (k_1 + k_3)} \right] 10^{-(k_1 + k_3)t} + \frac{P}{2.3 (k_1 + k_3)} \dots\dots 3$$

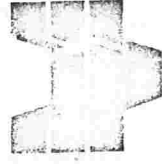
onde: L₀ e L_t = concentrações de DBO inicial e final no trecho do rio.
t = tempo de percurso.

Utilizou-se 20 mg/l para o rio Juqueri e 300 mg/l para o esgoto como as concentrações básicas da DBO para o cálculo.

Todos os cálculos da assimilação foram efetuados em temperatura de 15°C que é a temperatura crítica da região do sistema em estudo. Foram empregados os valores de 1,047, 1,024 e 1,067 como coeficiente da temperatura para a constante de desoxigenação, reaeração e demanda bentônica de oxigênio, respectivamente.

3.1.2. Resultados obtidos

Estão apresentados no quadro 3.1.2 os valores médios das constantes



de auto-assimilação avaliadas no trecho do rio em estudo para diferentes vazões do esgoto.

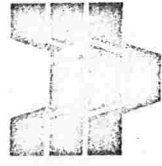
QUADRO 3.1.1.2

Vazão do Rio Juquerí com esgoto $m^3/s.$	Rio Juquerí antes da retificação				Rio Juquerí depois da retificação	
	K ₁	K ₂	K ₃	P	K ₁	K ₂
	10	0,014	0,24	0,26	0,27	-
15	0,008	0,19	-	-	0,022	0,49
25	-	-	-	-	0,014	0,35
50	-	-	-	-	0,008	0,23

No quadro 3.1.1.3., aparecem os resultados de cálculos de remoção de matéria orgânica devido à assimilação.

QUADRO 3.1.1.3

Vazão do Rio Juquerí com esgoto	Rio Juquerí antes da retificação		Rio Juquerí depois da retificação	
	DBO (mg/l)		DBO (mg/l)	
	Inicial	Final	Inicial	Final
10	231,0	185,3	-	-
15	231,0	229,4	231,0	228,9
25	-	-	254,0	252,7
50	-	-	275,0	273,9



Os dados acima indicam uma remoção significativa de matéria orgânica no rio Juquerí antes da retificação e com vazão de $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Acima desta vazão, é desprezível o efeito da assimilação, independe da retificação do rio

A principal razão desta sensível diferença de capacidade de assimilação para as diversas vazões pode ser atribuída a velocidade de escoamento que interfere decisivamente no fator da sedimentação de matéria orgânica.

3.2. Reservatório Pirapora

3.2.1. Mecanismo da assimilação de matérias orgânicas no Reservatório Pirapora.

Os resíduos provenientes de São Paulo, ao serem lançados no Braço do rio Juquerí, no Reservatório de Pirapora, sofrerão na primeira fase apreciável sedimentação de matéria orgânica provocada pela estagnação da massa líquida. Esta matéria orgânica sedimentada no fundo sofrerá, em parte, decomposição bentônica, solubilizando-se na forma de ácidos orgânicos e posteriormente eliminada na forma de gases (CH_4 , CO_2 e H_2S). Normalmente verifica-se a remoção de cerca de 40% de matéria orgânica em termos de DBO pela sedimentação em lagoa anaeróbica (7 e 8).

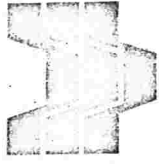
Por outro lado, grande parte dos resíduos não sedimentáveis (coloidais e solúveis) se estabilizarão anaerobicamente, e uma pequena quantidade pelo processo aeróbico, através da difusão do oxigênio do ar na área superficial da lagoa.

É possível estabelecer teoricamente as constantes para cada reação física e bioquímica referida acima; remoção de matéria orgânica sedimentável K_a , remoção de matérias orgânicas não sedimentáveis, pela estabilização anaeróbica K_b e pelo processo aeróbico K_c .

A segunda fase de estabilização do esgoto no reservatório, será causada praticamente pela matéria orgânica não sedimentável (K_b e K_c), já que terá ficado livre de quase toda a matéria orgânica sedimentável na fase

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 - São Paulo



inicial.

Na terceira fase, a carga de matéria orgânica já é mínima com proliferação maciça de algas no meio aquático. Neste estágio de estabilização a constante K_c apresenta-se com valor muito alto, em consequência da produção de oxigênio pelas algas através do processo fotossintético, principalmente na camada fótica, verificando-se nas camadas inferiores, de acordo com a profundidade, decomposição anaeróbica.

A primeira e a segunda fases acima referidas correspondem a lagoa anaeróbica e a terceira em lagoa facultativa.

De modo geral, poder-se-á adotar uma reação de primeira ordem para tais fenômenos, expressa na seguinte fórmula matemática:

$$L_p = \frac{L_0}{R K (K_c + K_b) T + 1} \dots\dots\dots 4$$

L_0 e L_p = D.B.O. nos afluentes e efluentes (mg/l.)

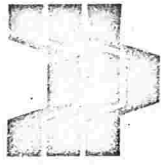
R = Tempo de detenção

T = Coeficiente de Temperatura

Até o presente momento, não se encontram critérios aceitados para o dimensionamento racional de uma lagoa anaeróbica, entretanto, existem processos para o cálculo de lagoa facultativa. Geralmente, os cálculos para o primeiro caso, baseia-se simplesmente em dados obtidos de lagoas de estabilização de outras regiões ou de outros países, sem se levar em consideração os fatores fundamentais que afetam o funcionamento da lagoa anaeróbica. No presente estudo foi avaliada a capacidade de estabilização de matérias orgânicas na fase anaeróbica do reservatório de Pirapora, através de 4 procedimentos diferentes, afim de obter-se maior confiabilidade no estudo.

3.2.2. Procedimentos para avaliação da capacidade de assimilação de matéria orgânica da fase anaeróbica no Reservatório Pirapora

- A) Estudo do Reservatório Pirapora no braço do rio Juqueri.



Este local recebe atualmente cerca de 4,5 ton. de matéria orgânica em termo de D.B.O., funcionando como lagoa de estabilização anaeróbica. Portanto, os parâmetros obtidos nas condições atuais, do referido trecho, poderão fornecer dados valiosos para o futuro aproveitamento deste braço, embora se deva levar em consideração algumas restrições.

Primeiramente os resíduos que estão sendo lançados no Reservatório de Pirapora são despejos de origem industrial, estabilizado ou não, de constituição diferente do esgoto de São Paulo a ser lançado futuramente.

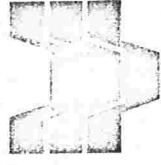
Em segundo lugar o valor da constante de remoção de matéria orgânica na lagoa anaeróbica, principalmente na 1ª fase de lagoa, varia consideravelmente de acordo com a quantidade de carga aplicada, diferindo dos que terá quando do lançamento de maior carga no futuro. Os cálculos da constante K, neste reservatório, foram efetuados através da fórmula 4, que engloba todas as constantes de remoção de matérias orgânicas na primeira e segunda fases da lagoa anaeróbica, de acordo com os dados obtidos em duas campanhas de coletas realizadas na época de seca.

B) Estudos na Represa Billings

Atualmente São Paulo contribui com cerca de 300 t. de DBO por dia, das quais aproximadamente 200 t. são lançadas diariamente na Represa Billings através do canal de Pinheiros.

Na época de seca principalmente, as condições se tornam sépticas no corpo central desta represa especialmente no trecho compreendido entre a barragem de Pedreira e a estrada dos Imigrantes, que se encontra atualmente em construção. A área superficial deste trecho é estimado em 20 km² com profundidade média de 15 metros na cota de 740 metros.

Desta maneira a represa Billings pode ser considerada como uma lagoa anaeróbica em grande escala, possibilitando obtenção de dados básicos.



cos ao estudo do Reservatório de Pirapora.

Entretanto nas condições expostas acima deve-se salientar a limitação de aplicabilidade da constante K, que se baseia somente à atual carga poluidora existente na represa. Por outro lado, a falta de obstáculos na grande área superficial da represa favorece o constante movimento (vide item 2.2.7) das suas águas ocasionado pelo vento. Este fenômeno promove a introdução de quantidade apreciável do oxigênio do ar na água, desfavorecendo consideravelmente as atividades das bactérias metânicas, com redução da eficiência de remoção da matéria orgânica, e causando a produção de gás sulfídrico.

Salienta-se também que a constante circulação das águas associada com a maior profundidade da represa em relação as lagoas de estabilização, normalmente empregada para o tratamento de esgotos, dificulta a sedimentação de matéria orgânica, cujo fenômeno constitui outro fator desfavorável para a eficiência do tratamento na represa Billings.

Os cálculos das constantes K em várias fases da estabilização da matéria orgânica foram efetuados com base nos parâmetros determinados em amostras consecutivas realizadas na época de seca.

C) Estudos em escala piloto

A experiência em escala piloto apresenta vantagens apreciáveis em relação a outros procedimentos que fornecem os dados básicos para o dimensionamento racional de sistemas de tratamento em diferentes condições físicas e bioquímicas. As restrições na aplicação de dados determinados em escala piloto para a escala real, se resumem nas divergências de fatores hidráulicos.

No presente estudo foram construídas lagoas de estabilização experimentais nas estações de tratamento de Pinheiros e Ipiranga, que recebem esgotos com características representativas do município de São Paulo e cujas condições climatológicas são quase idênticas a região do Reservatório de Pirapora.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 - São Paulo

Características dos Esgotos
da Estação de Tratamento de Pinheiros

(Resultados médios de 5 diferentes dias da coleta)

PARAMETROS	AFLUENTE	EFLUENTE
pH	6,9	7,0
Alcalinidade HCO ₃ ⁻ mg/l	86,0	—
Res. TOTAL mg/l	285,0	305,0
Res. FIXO mg/l	137,0	143,0
Res. SOL. mg/l	227,0	225,0
Mat. Org. mg/l	148,0	154,0
Mat. em Susp. mg/l	57,0	12,0
Res. Sediment. ml/s	2,9	0,3
D.Q.O. mg/l	201,0	137,0
D.B.O. mg/l	96,0	68,0
N. Total mg/l	56,1	43,9
N. NH ₄ mg/l	28,6	26,1
N. NO ₂ mg/l	0,01	0,01
N. NO ₃ mg/l	0,075	0,073
P. Total mg/l	6,19	4,04
P. PO ₄ mg/l	1,87	1,44

QUADRO 3.2.2.

Características dos Esgotos

da Estação de Tratamento do Esgoto da Ipiranga

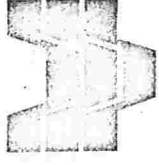
(amostras compostas de 24 horas)

26-27/05/73

Amostras compostas coletadas nos intervalos de:		6:00-12:00h, 12:00-18:00h, 18:00-24:00h, 24:00-6:00h	
Na	mg/l	36,2	202,2
K	mg/l	21,0	20,0
NH ₄ -N	mg/l	25,60	12,60
NO ₂ -N	mg/l	0	0,01
NO ₃ -N	mg/l	0,08	0,08
PO ₄ -P	mg/l	3,45	2,22
Detergente	mg/l	3,50	16,50
Zn	mg/l	0,29	0,27
Cr ⁶⁺	mg/l	0	0
Cr ³⁺	mg/l	0,025	0,28
Cu	mg/l	0,05	0,08
Co	mg/l	0,10	0,08
Ni	mg/l	0,16	0,12
Hg	ug/l	0,10	0,50
Pb	mg/l	0,40	0,30
CN ⁻	mg/l	0,028	0,028
H ₂ S	mg/l	3	0
Fenol	mg/l	0,35	0,40

Obs.: Valores com (....) indicam resultados prejudicados.

Amostras compostas coletadas nos intervalos de:		6:00-12:00h, 12:00-18:00h, 18:00-24:00h, 24:00-6:00h	
pH		7,0	6,9
Res. Sec.	mg/l	3,5	1,7
Res. Total	mg/l	0,331	0,797
Res. Fixo	mg/l	0,191	0,653
Res. Sol.	mg/l	0,255	0,211
Mat. Org.	mg/l	0,140	0,144
Mat. Susp.	mg/l	0,076	0,086
D.B.O.	mg/l	238	312
D.G.O.	mg/l	394	215
Turbidez	mg/l	32	54
Cor	mg/Pt/l	cinza	preta
Condut.	us/cm	630	1280
Dureza	mg/l	0,0	0,0
Al ³⁺ HCO ₃	mg/l	154	110
Al ³⁺ CO ₃	mg/l	0	0
Ca	mg/l	16	(....)
Mg	mg/l	1	(....)
Fe Total	mg/l	5,45	2,15



para.

ETE - Pinheiros

Esta estação recebe esgoto característico de zona residencial. As concentrações de materiais poluentes de esgoto (Quadro 3.2.1), estão abaixo daquelas normalmente encontradas no esgoto de São Paulo, devido a diluição ocasionada pela infiltração de águas pluviais na rede. A ETE - Pinheiros está operando atualmente com vazão de $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para a execução do presente estudo aproveitou-se um canal existente na estação com 70 metros de comprimento, 2,1 metros de largura e 1,7 metros de profundidade, onde foram estabelecidas duas lagoas experimentais separadas por uma parede. Possui a primeira 21 m^2 de área superficial (10 metros de comprimento e 2,1 metros de largura), e a outra com área de 126 m^2 , podendo funcionar em regime de lagoa anaeróbia e lagoa facultativa respectivamente, variando a carga poluidora aplicada. A alimentação do esgoto nas lagoas foi efetuada com uma bomba provida de programador.

As experiências foram iniciadas na ETE Pinheiros no mês de junho do corrente ano.

ETE - Ipiranga

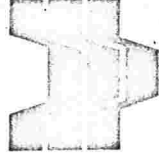
A ETE - Ipiranga foi construída com a finalidade de servir como estação experimental de tratamento de esgoto e é constituída por várias unidades de processos de tratamento.

Ela recebe diversos tipos de despejos industriais cuja vazão corresponde a cerca de 30% da vazão total de esgoto ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$), o que trás como consequência a presença de várias substâncias tóxicas. (Quadro 3.2.2).

Foram empregados para o presente trabalho dois tanques de sedimentação e uma lagoa experimental existentes na ETE - Ipiranga que funcionam como lagoa anaeróbia primária, lagoa anaeróbia secundária e lagoa facultativa respectivamente.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 São Paulo



Os dados hidráulicos destas lagoas aparecem a seguir:

QUADRO 3.2.3

	VOLUME (m ³)	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	PROFUNDIDADE (m)
1ª Lagoa	300	20	4	3,75
2ª Lagoa	300	20	4	3,75
3ª Lagoa	125	25	5	1,00

O despejo escoou, da primeira a segunda lagoa por gravidade, através de um canal e da segunda para a terceira lagoa por bombeamento. As experiências foram iniciadas no mês de setembro do corrente ano.

Nas (duas) experiências em escala piloto, referidas acima, estão sendo avaliadas as taxas de remoção de D.B.O., bactérias e sais nutrientes relacionados com os fatores hidráulicos, carga de matéria orgânica e temperatura. Essas experiências deverão ser realizadas não só no esgoto bruto bem como no esgoto tratado primariamente.

QUADRO 3.2.4

1ª Lagoa Anaeróbica (D.B.O. g/m ³ /d)	2ª Lagoa Anaeróbica (D.B.O. g/m ³ /d)	Lagoa Facultativa (D.B.O. g/m ² /d)
30	15	5
50	25	Σ 20
70	35	
90	45	
110	55	
130	65	
150	75	

No quadro 3.2.4 estão inseridas as prováveis cargas de matéria orgânica a serem testadas nas diferentes fases da lagoa de estabilização.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 - São Paulo

FUNCIONAMENTO DE LAGOA ANAERÓBICA

EM DIVERSOS PAÍSES

QUADRO 3.2.5

Referência	Observação	Tempo de Detenção d	Eficiência %	Taxa de Aplicação D.B.O. ₅ /m ³ /d	Local
9	Varia a eficiência em função de carga e condições climatológicas	4 - 7	75 - 95	15 - 140	Índia
10	Taxa recomendada pelo Shaw ET. AL. (1962)	-	-	12	África do Sul
11	Lagoa primária-80% de eficiência Lagoa anaer. secund.-40% de eficiência	-	-	-	Israel
12	Muito raro problema de odor	2 - 5	60 - 70	75 (verão) 50 (inverno)	Austrália
13	Não há problema de odor Temperatura média no verão = 16°C Profundidade da Lagoa = 3 mts.	4,7	54,3	51	Canadá Calmar
		6,2	47,6	96	Daysland
		10,4	42,2	86	Thorsby
		1,9	15,7	142	Two Hills
14	Recomendado pelo Eckenfelder (1966)	3 - 5	50 - 70	30 - 50	U.S.A.
15	Não há problema de odor	4	55	75	Brasil Est. de S. Paulo

Os critérios para aplicação da carga de D.B.O. na 1ª lagoa anaeróbica foram baseados nas taxas de aplicação empregadas ou recomendadas em diversos países, conforme consta no quadro 3.2.5.

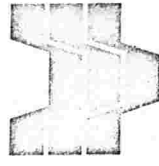
D) Estudos na lagoa de estabilização de São José dos Campos

A lagoa de estabilização de São José dos Campos foi construída para fins de estudos e pesquisas, entrando em operação em fins de 1960. O sistema adotado é o conhecido como sistema australiano que consiste em duas células ligadas em série, sendo a 1ª lagoa anaeróbica e a 2ª facultativa. A profundidade varia de 1,00 a 1,20 metros nas duas lagoas sendo a área superficial da lagoa anaeróbica de 7.200 m² e a da facultativa de 21.600 m². O sistema recebe atualmente 21 l/s de esgoto, principalmente de origem doméstica, correspondente a vazão aproximadamente de 1/4 da população atual da cidade de São José dos Campos.

Durante 1971 e 1972, foi realizado intenso estudo nesta lagoa pela CETESB com a finalidade de estabelecer os critérios básicos para o dimensionamento de lagoas facultativas nas diversas regiões do Brasil. Nesta ocasião, foram levantados dados detalhados de funcionamento das referidas lagoas, tendo em vista fornecer os elementos para avaliação da eficiência de remoção de matéria orgânica, na primeira e terceira fases, da lagoa de estabilização em estudos no Res. Pirapora. Para a segunda fase, foi determinada a constante Kb, através do processo da simulação no laboratório, utilizando-se amostras filtradas oriundas da lagoa anaeróbica do mesmo local.

3.2.3. Resultados obtidos

Grande parte dos estudos referidos anteriormente estão em andamento para obtenção de resultados conclusivos. São inseridos nos quadros 3.2.6 e 3.2.7 os dados obtidos até o presente nas lagoas experimentais da ETE Pinheiros e lagoa de São José dos Campos.



CETESB

24

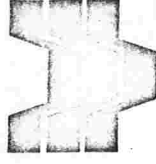
QUADRO 3.2.6

Eficiência do Funcionamento das

Lagoas Experimentais no ETE - Pinheiros

Experiências Nº	1				2	
	Período de Exp.	4/6 - 20/6/73				11/7 - 6/8/73
Nº de amostras	33				52	
Concentrações médias de D.B.O. mg/l	Esgoto bruto	Efl. da 1ª Lagoa	Efl. da 2ª Lagoa	Esgoto bruto	Efl. da 1ª Lagoa	Efl. da 2ª Lagoa
	144,0	65,0	18,0	193,0	107,0	43,0
	1ª lagoa	2ª lagoa		1ª lagoa	2ª lagoa	
Taxa de Aplicação D.B.O. g/m ³ /d	35,0	4,5		83,0	16,2	
Eficiência %	55,0	72,0		45,0	60,0	
Tempo de Detenção Dia	4,2	25,0		2,3	14,0	
Temp. Água (média) °C	17,5				17,8	
Constante K ₁₅	0,250	0,09		0,297	0,09	

Constante K₁₅ = valor de K em temperatura de 15°C.



QUADRO 3.2.7

Eficiência do Funcionamento da

Lagôa Anaeróbica de São José dos Campos. São Paulo

Período de Estudo	13/6, 28/6, 4/7 e 17/7/72	
Nº de amostras	54	
Concentrações médias de D.B.O. (mg/l)	Afluyente	Efluyente
	310,0	143,0
Taxa de Aplicação (D.B.O. g/m ³ /d)	78,0	
Eficiência (%)	54,0	
Tempo de Detenção (dia)	4,0	
Temp. Água (média) °C	15,1	
Constante K ₁₅	1ª fase	2ª fase
	0,291	0,05

Nas experiências da primeira lagôa anaeróbia (ETE - Pinheiros) observou-se um aumento significativo da constante k (em temperatura de 15°C) com a elevação da taxa de aplicação de 35 para 83 de D.B.O./m³/d. Isto significa que a capacidade assimiladora desta lagôa não atingiu seu limite máximo no intervalo destas taxas de aplicação.

Durante as experiências não foi detectado problemas de odor proveniente de gas sulfídrico, embora a coloração de suas águas estivesse sempre preta.

Por outro lado a lagôa anaeróbia de São José dos Campos apresentou resultados semelhantes a 2ª experiência da lagôa experimental da ETE Pinheiros, nas quais foram aplicadas praticamente a mesma carga de DBO.

Esta concordância pode justificar a aplicação dos resultados da experiência em escala piloto à escala real.

QUADRO 3.2.9

Resultados da D.B.O. e Mat. em Suspensão
obtidos nas lagoas experimentais da ETE - Pinheiros
no período de 4/6 a 19/6/73

Ponto de Coleta data hora	Esgoto Bruto		Lagoa Anaer.		Lagoa Facult.	
	DBO	M.Susp. mg/l	DBO	M.Susp. mg/l	DBO	M.Susp. mg/l
4 - 6	61	55	15	16	9	15
7 - 6	93	65	42	50	15	52
11 - 6	85	59	50	17	19	-
14 - 6	237	304	45	83	53	83
19 - 6	195	43	84	59	19	17
8.00 - 9.30	254	137	88	57	9	70
9.30 - 11.00	264	79	85	29	12	76
11.00 - 12.30	101	93	90	80	14	58
12.30 - 14.00	106	98	70	97	13	42
14.00 - 15.30	87	109	68	84	15	> 84
15.30 - 17.00	111	51	72	12	16	114
17.00 - 18.30	147	99	65	53	18	56
M É D I A						

QUADRO 3.3.0.

Resultados da D.S.O. e Mat. em Suspensão
 obtidos nas legoas experimentais da ETE - Pinheiros
 no período de 16/7 a 6/8/73

Local Determin.	Escoto Bruto		Legoa Anaerób.		Legoa Facultat.	
	D80	M. Susp.	D80	M. Susp.	D80	M. Susp.
Data	mg/l.		mg/l.		mg/l.	
15 - 7	193	-	71	16	28	39
17 - 7	86	-	93	23	26	15
18 - 7	-	235	114	-	80	15
19 - 7	267	219	123	62	67	58
23 - 7	282	115	120	14	41	66
24 - 7	108	-	128	44	57	45
25 - 7	210	143	191	-	42	22
27 - 7	195	249	123	83	91	64
30 - 7	161	66	111	55	41	22
31 - 7 8,30 h	116	122	91	51	22	35
10,30 h	175	127	86	54	88	54
13,00 h	186	97	158	97	35	26
15,00 h	-	84	88	67	29	23
2 - 8	174	-	22	75	24	38
6 - 8 9,00 h	98	66	110	56	28	52
11,00 h	200	159	112	63	30	64
13,00 h	480	397	141	62	50	52
15,00 h	125	265	40	12	38	10
M É D I A	193	167	107	52	43	39

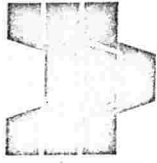
Resultados da D.B.O. e Mat. em Suspensão obtidos na Lagoa Anaeróbica de S. José dos Campos

no período de 13/06 a 19/07/1973

QUADRO 3.3.1

Data	Ponto de coleta		Horas		Determin.		DBO mg/l		DBO mg/l		M.Susp. mg/l		DBO mg/l		M.Susp. mg/l		DBO mg/l		M.Susp. mg/l															
	Afluentes	Efluentes	de coleta	Determ.	de coleta	Determ.	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes														
13 - 6	108	231	162	151	-	-	141	240	139	175	-	142	289	291	109	112	139	118	186	92	99													
	354	133	251	141	141	141	141	240	139	175	-	142	289	291	109	112	139	118	186	92	99													
28 - 6	483	116	265	318	314	318	416	386	416	164	212	397	483	98	98	186	14,00	483	350	117	271	372	311	130	220	137	326	372	189	214	279	417	178	99
	372	114	243	163	290	328	170	194	194	170	194	590	761	146	200	200	14,00	483	350	117	271	372	311	130	220	137	326	372	189	214	279	417	178	99
04 - 07 - 73	331	372	243	290	328	170	194	194	170	194	590	761	146	200	200	14,00	483	350	117	271	372	311	130	220	137	326	372	189	214	279	417	178	99	
	418	150	258	524	382	143	104	143	104	143	104	383	417	95	118	139	10,00	483	350	117	271	372	311	130	220	137	326	372	189	214	279	417	178	99
19 - 07 - 73	331	372	243	290	328	170	194	194	170	194	590	761	146	200	200	14,00	483	350	117	271	372	311	130	220	137	326	372	189	214	279	417	178	99	
	418	150	258	524	382	143	104	143	104	143	104	383	417	95	118	139	10,00	483	350	117	271	372	311	130	220	137	326	372	189	214	279	417	178	99

V A L O R M É D I O T O T A L		A F L U E N T E		E F L U E N T E	
310	D.B.O. mg/l	399	M.Susp. mg/l	143	D.B.O. mg/l
162				162	M.Susp. mg/l



Como se esperava, na segunda fase de estabilização anaeróbica, do sistema experimental, os valores da constante K foram sensivelmente menores, o que se deve, principalmente, a ausência de matéria orgânica sedimentável. O valor de K da segunda experiência nesta lagoa foi de 0,09, funcionando em condições anaeróbicas com a carga de 13g de DBO/m²/d. Na primeira experiência com carga de 4,5g da DBO/m²/d a lagoa não funcionou em regime anaeróbico, e sim em regime facultativo, impossibilitando a utilização dos resultados.

Na lagoa anaeróbica de São José dos Campos determinou-se para a constante K o valor 0,05, em segunda fase de estabilização anaeróbica.

Embora seja muito prematuro escolher os valores desta constante, se poderia utilizar valores mais baixos, dos determinados acima, com 20% de margem de segurança, para o dimensionamento preliminar das lagoas anaeróbicas do Reservatório de Pirapora.

Encontram-se nos quadros a seguir (quadros 3.2.8, 3.2.9, 3.3.0 e 3.3.1) valores de DBO e sólidos em suspensão obtidos até agora nos estudos efetuados.

3.2.4. Fatores que interferem no dimensionamento do reservatório Pirapora em condição anaeróbica.

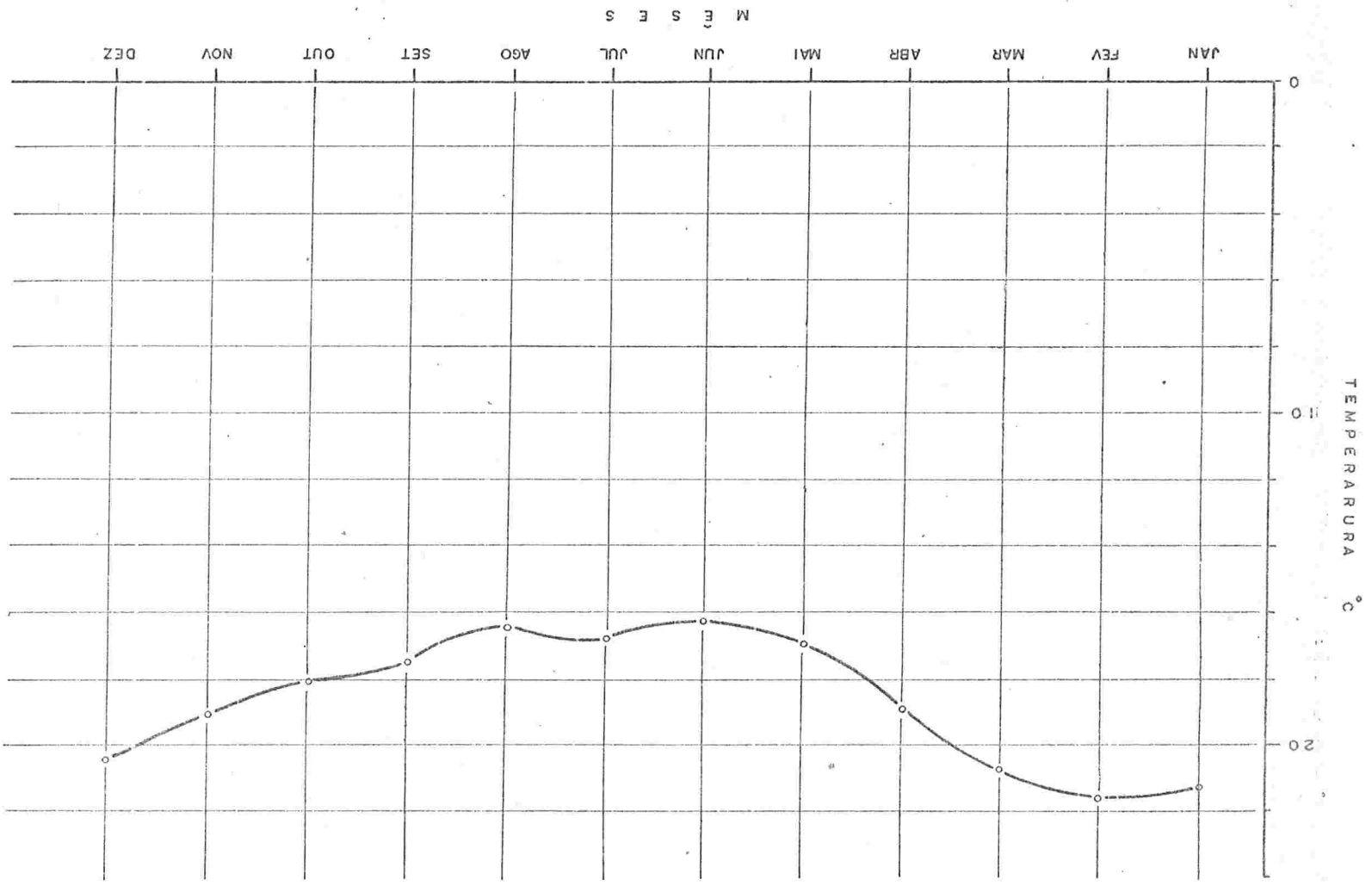
a) Temperatura.

A temperatura consiste no mais importante fator de eficiência de tratamento de lagoa anaeróbica, afetando sensivelmente as atividades dos microrganismos.

Em temperaturas próximas a 15°C, por exemplo, a taxa de reprodução de bactéria metânica é diminuta, havendo paralisação quase por completo à temperatura aproximadamente de 10°C. Conseqüentemente, nestas temperaturas, há somente o primeiro estágio das reações bioquímicas, no qual há a produção de ácidos orgânicos.

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSUAIS
 MEDIDAS NO PERÍODO DE JULHO DE 1963 A JU-
 LHO DE 1973 NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO
 INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO S.R.-CAPITAL
 DESENHISTA: ANHE R. NETO
 DATA: 31/09/73
 Nº: 31/09/73
 Nº: 31/09/73

GRÁFICO 3-2-1



CETESB

Portanto, se o corpo da água da lagoa anaeróbica permanece a baixas temperaturas, por muito tempo, há o acúmulo destas substâncias, provocando acidificação da massa líquida da lagoa. Resulta a produção de gás sulfídrico, redução da eficiência do tratamento e o acúmulo de lodo, transformando a lagoa em simples tanque de sedimentação.

A temperatura ótima para o desenvolvimento das bactérias mesófilas, encontradas normalmente na lagoa anaeróbica, situa-se na faixa de 30 a 35°C.

Segundo dados climatológicos levantados nos últimos 10 anos, na região do Grande São Paulo, a temperatura variou entre 16,2°C a 21,6°C, em termos de média mensal, como se verifica no gráfico (3.1.1).

Admitindo-se que as mesmas variações de temperatura acima atuem na região de Pirapora, poderá permanecer quase constante a atividade de bactéria metânica durante o ano inteiro, embora seja bastante limitada a sua reprodução na época mais fria.

Quanto ao coeficiente da temperatura relativa na eficiência do funcionamento da lagoa anaeróbica, poucos estudos são encontrados.

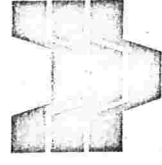
Na CETESB tem-se iniciado alguns trabalhos neste sentido, não se obtendo ainda resultados conclusivos. Fair e Moor (16) apresenta dados preciosos sobre a velocidade de digestão do lodo em diferentes temperaturas, embora os dados tenham sido obtidos no digestor de lodo com o sistema de mistura completa. Baseando-se nesses dados, calculou-se o valor do coeficiente da temperatura em 1.06 entre 15°C e 30°C, que poderá ser aplicado no presente estudo.

b) Acúmulo de Lodo

Desde que o lodo é constituído, em sua maior parte, de matéria orgânica, que é susceptível a estabilização bacteriana, a velocidade do acúmulo do lodo na lagoa anaeróbica é afetada sensivelmente pelo fator temperatura.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 - São Paulo



Segundo estudo de Oswald (17), quase todas as matérias orgânicas sedimentadas no fundo da lagoa transformam-se em gases a temperatura acima de 19°C. Abaixo desta temperatura ocorre acúmulo de lodo e acima desta há diminuição do lodo.

Baseando-se nesta teoria, devido às condições climatológicas da região de Pirapora, haverá o acúmulo do lodo durante 7 meses e a diminuição do lodo durante outros 5 meses.

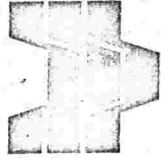
Segundo o levantamento realizado na lagoa anaeróbica de São José dos Campos, verificou-se que há cerca de 60 cm de lodo acumulado nas proximidades do lançamento de esgoto, e nas demais áreas o lodo acumulado chega a 10 a 15 cm de espessura. Tendo sido iniciado o seu funcionamento em 1960, calcula-se em aproximadamente 5 cm por ano o acúmulo máximo do lodo nesta lagoa.

Estima-se que a carga aplicada de D.B.O. durante esses anos foi de $50\text{g}/\text{m}^3/\text{d}$. Comparando os dados de São José dos Campos com os verificados nas lagoas anaeróbicas da Austrália (Quadro 3.3.3.), nota-se que a taxa do acúmulo do lodo na lagoa de São José dos Campos é sensivelmente menor que o da Australiana, cuja causa poderá ser atribuída às condições climatológicas favoráveis, para a decomposição do lodo, na lagoa de São José dos Campos.

QUADRO 3.3.3.

Acúmulo do lodo nas lagoas anaeróbicas na Austrália (18) e no Brasil

	Sólidos Depositados $\text{kg}/\text{m}^2/\text{ano}$	Lodo Acumulado prof.cm/ano	Temp.média do mês mais frio $^{\circ}\text{C}$
<u>Australia</u>			
Werribee	26,4	19,2	
Wangaratta	16,0	8,0	10,0
Shepparton	5,5	1,0	
<u>Brasil</u>			
S.J. dos Campos	26,5	5,0	17,0



Na represa Billings, descargas significativas de matérias poluentes se iniciaram praticamente a partir de 1950. De acordo com o levantamento realizado em 1967 (2), encontrou-se cerca de 120 cm de lodo acumulado na área próxima à barragem da Pedreira, podendo-se estimar em 7 cm o acúmulo anual do lodo.

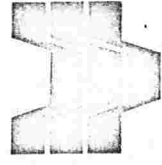
Admitindo-se que tenha sido descarregado diariamente 100 t de D.B.O., em média, na barragem de Pedreira, no período de 1950 a 1967, e que a área superficial de lodo onde se acumulou 120 cm de lodo em média tenha 2 km², avalia-se em cerca de 50 g a carga de D.B.O. aplicada por metro quadrado por dia.

É importante ressaltar que o lodo acumulado na represa Billings se constitui não somente de esgoto doméstico e despejos industriais, como também de sólidos carregados pelas águas fluviais da bacia do alto Tietê.

Foi levantada também a quantidade de lodo acumulado no braço do rio Juqueri no Res. Pirapora, com objetivo principal de verificar a influência do assoreamento causado pelos sólidos oriundos de águas fluviais da bacia do rio Juqueri no local previsto para a lagoa de estabilização.

Desde as proximidades da desembocadura do rio Juqueri, no reservatório Pirapora, até o ponto de Cajamar (3 km de distância) encontrou-se pouco acúmulo de lodo (4 a 5 cm), cujo aspecto se apresenta marrom escuro, provavelmente originado de despejos de indústria de papel e celulose existente a montante do rio em estudo. Abaixo deste lodo, aparece um solo caracterizado tipicamente de argila, indicando pouca influência de sólidos originais de águas fluviais.

As observações acima exposta nos leva a indicar que, grossiramente, em condições anaeróbicas para a região de São Paulo, haja o acúmulo de lodo em torno de 5 a 7 cm por ano para uma carga de DBO de esgoto aproximadamente de 50 g/m²/d na lagoa.



c) Profundidade

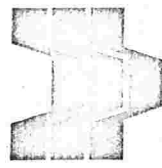
Diferenciando-se de lagoa aeróbia e facultativa (Lagoa de fotossíntese) que necessita essencialmente de luz para o seu funcionamento a lagoa anaeróbica não requer grande área superficial de água. Ao contrário, para estas, a área superficial com grande extensão torna-se um fator prejudicial para a fermentação metânica devido à maior taxa de difusão de oxigênio do ar para a água. Portanto, a eficiência do tratamento de materiais poluentes na lagoa anaeróbica é proporcional ao volume da lagoa e não à área superficial. Neste sentido, quanto maior a profundidade, melhor será o funcionamento da lagoa anaeróbica.

Entretanto, em lagoas com profundidade excessivamente grande em relação à área superficial, é dificultada a transmissão do calor solar para o corpo da lagoa devido à formação de estratificação térmica, que impede circulação vertical da massa líquida. Segundo os estudos realizados na lagoa experimental, com profundidade de 5 metros, em Israel (19), observou-se brusca estratificação térmica na época de verão diminuindo de 5°C da temperatura da superfície à profundidade de apenas 1 metro.

Do ponto de vista da estrutura climática, as lagoas existentes na região do Estado de São Paulo podem ser classificadas como "monomítico quente" ou sub-tropical, prevendo-se teoricamente a formação de estratificação térmica em todas as estações do ano, exceto no inverno. Entretanto, muitas lagoas que pertencem a esta classe, como, por exemplo, represa Billings, lago do Paranoá, represa de Barra Bonita etc., não apresentam a estratificação térmica, tendo-se chegado à conclusão de que a ação do vento é a principal responsável pela eliminação da formação de estratificação (22, 21 e 22).

A ação dos ventos na agitação da água pode ser relacionada proporcionalmente à dimensão da lagoa.

Hutchinson (23) resumiu no seu estudo, que se situaria



na ordem de 3 a 10 metros a profundidade da descontinuidade térmica na lagoa com dimensão com cerca de 2 km² e profundidade maior que 10 metros, em lagoas com dimensão maior (por volta de 100 km²):

Tendo em vista a discussão acima e focalizando-se principalmente os fatos: implicação de processo metânico pela aeração, melhor transmissibilidade do calor solar, maior eficiência de tratamento por área superficial e a profundidade do acumulado de lodo, recomenda-se adotar a profundidade de 4 a 5 metros para lagoas anaeróbicas futuras, no reservatório Pirapora.

d) Tempo de Detenção

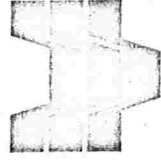
Normalmente, o tempo de detenção do esgoto na lagoa aumenta com o aumento da área superficial, devido à limitação do aumento da profundidade. Portanto, o tempo de detenção excessivamente prolongado resulta na pouca eficiência do tratamento da lagoa anaeróbica, prejudicada pela maior taxa de reaeração, como já foi mencionado anteriormente.

Existem muitos estudos a respeito deste assunto (24 e 25), chegando-se à conclusão de que o tempo de detenção de 3 a 5 dias seria mais adequado, do ponto de vista da eficiência do tratamento para a lagoa anaeróbica.

e) Substâncias Tóxicas

Sendo a fermentação metânica um processo biológico, ela é passível de ser influenciada por várias substâncias tóxicas. Estas substâncias podem ser classificadas em cinco tipos: ions alcalinos terrosos, ions de metais pesados, sulfito, amonia e compostos orgânicos.

Segundo McCarty (26) até certa concentração, os ions alcalinos apresentam efeito estimulante para a fermentação metânica, tendo então, efeito inibitório com o aumento da concentração (Quadro 3.3.4). Entretanto, nos despejos industriais, normalmente estão presentes quantidades insignifi-



ficantes para exercer inibição na atividade dos microrganismos.

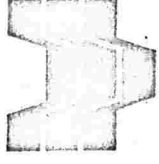
QUADRO 3.3.4

Concentração estimulante e inibitório para bactérias de ions alcalinos terrosos

CONCENTRAÇÕES mg/l			
IONS	ESTIMULANTE	INIBIÇÃO MODERADO	INIBIÇÃO FORTE
Sódio	100 - 200	3500 - 5500	8.000
Potássio	200 - 400	2500 - 4500	12.000
Cálcio	100 - 100	2500 - 4500	8.000
Magnésio	75 - 150	1000 - 1500	3.000

Dentre os metais pesados: o cobre, o zinco e o níquel são conhecidos como agentes retardantes no processo anaeróbico devido a toxidez apresentado pelos mesmos. Porém, esses ions facilmente formam sais insolúveis reagindo com ions aniônicos tais como hidróxido, carbonato, sulfito e fosfato, que são normalmente encontrados no sistema anaeróbico. Desta maneira, na maioria dos casos, os ions metálicos não apresentam problemas tóxicos nas atividades de microrganismos em condições anaeróbica.

O sulfito constitue o ion aniônico mais importante para o controle de ions metálicos devido a sua baixa solubilidade, eliminando-se rapidamente do corpo da água. Entretanto se o sulfito ultrapassa determinada concentração, apresenta efeito tóxico no processo de fermentação metânica. A toxidez do sulfito é relacionada diretamente com o nível do sulfito solúvel, PH e a pressão parcial do gás sulfídrico. Concentrações de ions sulfitos variam de acordo com o valor de pH. Abaixo de pH = 7,0, a predominância de gás sulfídrico sobre o ácido sulfúrico provoca odor desagradavel na lagoa de estabilização. As concentrações de sulfito solúvel de 50 a 150 mg/l podem ser to-



leráveis para atividades de microrganismos, ocasionando, em consequência, forte inibição acima deste nível.

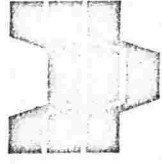
Na lagoa anaeróbica é facilitada a produção de gás sulfídrico em baixa temperatura e alta carga poluente. A fermentação nestas condições ocasiona o acúmulo de ácidos orgânicos, tornando ácido o meio líquido.

Segundo estudo realizado em uma lagoa anaeróbica na indústria de enlatados de verdura na Austrália, no inverno (temperatura média de 10°C) registrou-se o problema de odor quando se utilizou carga aproximada de 70 g de DBO/m²/d. Em outra lagoa que recebe o despejo de indústria de enlatados de frutas, sentiu-se odor leve, no verão (temperatura média de 21°C), com carga de 95 g. de DBO/m²/d.

Na lagoa anaeróbica existente no município de São José dos Campos, no Estado de São Paulo, é raro acontecer o problema de odor. A temperatura crítica (valor médio do mês mais frio) é de 17°C e a taxa de aplicação é de 78 g. de DBO/m²/d.

O efeito tóxico de nitrogênio amoniacal é relacionado com o valor do pH. Em pH alto a toxidez é mais severa devido à presença de maior concentração de nitrogênio amoniacal em forma de amônia em relação ao íon de amônia. Foi verificada a toxidez deste produto em concentração de 15 a 30 g/l no intervalo de pH de 7,2 a 7,4. As concentrações médias de nitrogênio amoniacal do esgoto de São Paulo, e de interesse no presente estudo, varia de 20 a 50 mg/l, cujas quantidades são bem menores aos níveis de toxidez, referida acima.

Merece ressaltar também a toxidez ocasionado pelos solventes orgânicos, fenois agente de limpeza, óxido de etileno e ácidos graxos. Se estes componentes forem lançados em pequena quantidade continuamente em lagoas anaeróbicas, seria possível estabilizar a maioria dos componentes orgânicos, graças a capacidade de aclimação de bactérias a este meio.



Deve ser controlado o lançamento magiço e descontinuo que prejudica a atividade assimiladora de microrganismos.

3.2.5. Procedimentos para avaliação da capacidade da assimilação de matéria orgânica da fase facultativa no res. Pirapora.

3.2.5.1. Mecanismo do funcionamento

Uma lagoa facultativa com processo fotossintético é constituída de duas camadas. Apresenta condições anaeróbicas na camada superior e condições anaeróbicas na inferior. Em estado estático, a camada fótica é bastante restrita medindo de 20 a 30 cms de profundidade, devido as grandes concentrações de algas que aí proliferam, absorvendo rapidamente a radiação solar.

Embora a concentração de oxigênio seja extremamente alta nesta camada, devido à intensa ação fotossintética, há uma perda deste gás para o ar, pelo efeito de reaeração, caso não haja movimentação das águas que transporte o oxigênio, para as camadas inferiores da lagoa.

Salienta-se que as algas comumente encontradas na lagoa não necessitam de energia solar contínua para ação fotossintética, bastando os momentos de ativação e excitação, o que possibilita a continuidade da produção de oxigênio na camada inferior, mesmo que não haja energia solar.

Os fenômenos acima expostos indicam a importância do movimento da massa líquida na eficiência do funcionamento da lagoa facultativa. À medida que se aumenta a taxa de circulação vertical da água, aumenta-se a capacidade de oxidar materiais poluentes, dentro do limite de uma determinada capacidade da ação fotossíntese das algas existentes na lagoa.

Encontra-se, na maioria dos casos, a concentração de oxigênio dissolvido até a profundidade de cerca de 80 a 90 cm nas lagoas facultativas com uma taxa de aplicação normal (5 a 10 de D.B.O/m²/s). Logo abaixo desta camada, processa-se a decomposição anaeróbica. Portanto, de acor

do com a profundidade da lagoa, haverá maior grau de estabilização não só na camada superior como também na camada inferior.

O corpo central do reservatório de Pirapora, que poderá ser aproveitado para o sistema da lagoa facultativa, possui profundidade de média de 5 metros ou mais. (Está em andamento o levantamento dos dados hidráulicos do sistema).

Foi realizado um levantamento com o objetivo de verificar a variação vertical das características da água no reservatório Pirapora, quando não foi detectado praticamente, a estratificação térmica no trecho de interesse, apesar de ter sido feito na época de verão (março) (vide item 2.2.3). Por outro lado, baseando-se na teoria de agitação de água relacionada ao tamanho da área superficial da lagoa, discutido no item anterior, o mesmo reservatório apresentaria maior camada de oxidação em relação a lagoa facultativa comumente utilizada para a estabilização do esgoto, devido a diferença significativa da área superficial entre elas. Concomitantemente, ainda há a possibilidade de haver uma camada inferior onde se processaria a estabilização anaeróbica, obtendo-se assim, eficiência maior do tratamento por de terminada área no reservatório Pirapora.

As discussões acima reveladas indicam a importância de um estudo com maior profundidade para esclarecer com pormenores o movimento da água no reservatório Pirapora, visando conhecer a influência de fatores hidráulicos na capacidade de estabilização de matérias poluentes, não só em condições facultativas, bem como em condições anaeróbicas.

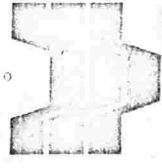
3.2.5.2. Procedimentos

Existem diversos procedimentos para o dimensionamento razoável e aproveitável, que se baseiam em:

- 1) carga por área unitária;
- 2) procedimento empírico
- 3) procedimento experimental realizado na África do

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 - São Paulo



4) método sugerido pelo Centro de Saúde Ambiental da Índia.

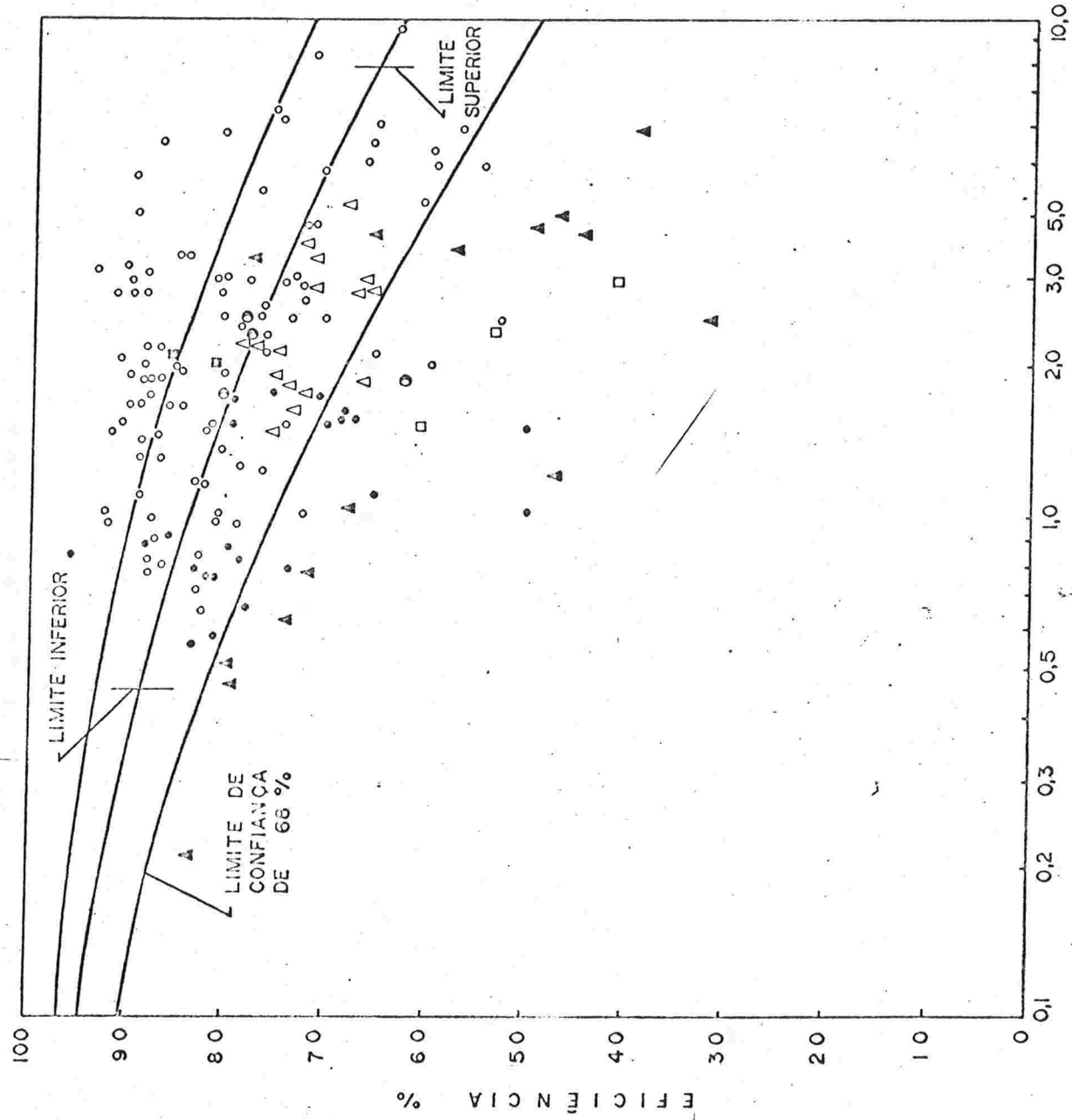
No presente estudo foram utilizados os procedimentos nº 1 e nº 2 comparativamente, baseando-se nos dados obtidos no estudo sobre a lagoa facultativa realizada na CETESB.

Quanto às informações referentes às experiências em escala piloto já foram mencionadas no item 3.2.2.

O estudo da lagoa facultativa acima referido foi realizado com o objetivo de estabelecer o critério básico para o dimensionamento de lagoa facultativa com profundidade de 1,20 metros, de acordo com condições climatológicas de diversas regiões do Brasil. No trabalho, determinou-se experimentalmente a produtividade líquida de oxigênio dissolvido totalmente na lagoa facultativa de São José dos Campos, disponível para a oxidação de matéria orgânica numa determinada temperatura. Para o cálculo de produção líquida de oxigênio em diversas temperaturas foi utilizado o coeficiente de temperatura estabelecido (1,085).

Quanto à avaliação da eficiência do tratamento em função da taxa de aplicação de carga de matéria orgânica, empregou-se o gráfico (3.2.2.) elaborado por SIDDIQI E HANDA (37) onde se estabeleceu a relação entre eficiência de tratamento e fator de carga ($\frac{\text{prod. líquido de } O_2 \text{ g/m}^2/\text{d}}{\text{carga de D.B.O. g/m}^2/\text{d}}$), baseando nos dados de 75 levantamentos efetuados em lagoas facultativas de diversos locais do mundo.

Utilizando-se o valor de produção líquida de oxigênio e fator de temperatura, é possível, utilizando-se de gráficos, estimar a eficiência do tratamento de uma lagoa facultativa em diferentes condições de temperatura, em função da taxa de aplicação (3.2.2.).

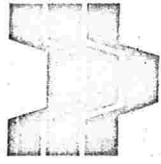


FATOR DA CARGA L_f $\frac{\text{D. B.O. g/m}^2/\text{d}}{\text{O}_2 \text{ PRODUZIDO g/m}^2/\text{d}}$

GRÁFICO 3.2.2

EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE LAGOAS
FACULTATIVAS EM FUNÇÃO DE FATOR DE
CARGA - SEGUNDO SIDDIQI E HANDA.

ENGR	R. CACCIATORE	31 / 09 / 73	3.2.2
	DESENHISTA	DATA	NÚMERO



3.2.6. Avaliação preliminar da capacidade assimiladora do reservatório de Pirapora.

Encontra-se ainda em andamento a obtenção da maioria dos dados necessários para o cálculo da eficiência do tratamento no res. Pirapora. Entretanto, para se conseguir uma visão sobre o comportamento futuro do reservatório Pirapora, procurou-se apresentar neste relatório preliminar estimativo, a capacidade assimiladora, baseando-se nos dados obtidos até o presente momento.

Nas discussões apresentadas anteriormente recomendaram-se algumas modificações hidráulicas para que se pudesse aproveitar da melhor maneira a capacidade assimiladora natural do reservatório Pirapora. Como exemplo, pode-se destacar construção de algumas barragens no reservatório Pirapora a fim de conseguir profundidade do líquido e o tempo de detenção favorável ao melhor processamento da estabilização anaeróbica.

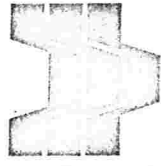
No presente relatório, de acordo com as discussões expostas anteriormente, avaliou-se a capacidade assimiladora do reservatório Pirapora em três estágios; lagoa anaeróbica primária, lagoa anaeróbica secundária e lagoa facultativa.

Desprezou-se a remoção do material poluente no rio Juqueri devido à insignificância da capacidade assimiladora nas vazões a serem discutidos na presente avaliação.

Abaixo são mostrados valores adotados e a seguir no Quadro 3.3.5, expõem-se os valores encontrados pelos cálculos estimativos de capacidades assimiladoras, do esgoto de São Paulo no futuro, em cada estágio da estabilização de matéria orgânica, em diferentes vazões.

Critério adotado:

- área útil do reservatório de Pirapora 16 km²
- volume útil do reservatório de Pirapora 80-10⁶ m³



- profundidade das lagoas anaeróbicas..... 5 metros
- tempo de detenção para lagoas anaeróbias 5 dias
- constante da remoção da matéria orgânica:
 - lagoa anaeróbica primária 0,20/d
 - lagoa anaeróbica secundária..... 0,04/d
 - lagoa facultativa

10g de D.B.O./m²/d com 85% da eficiência do tratamento.

15g de D.B.O./m²/d com 80% da eficiência do tratamento.

- cálculo de redução da D.B.O. segundo fórmula 4
- concentração da D.B.O. do esgoto de S.Paulo .. 300 mg/l
- vazão do rio Juqueri 6 m³/s
- concentração de D.B.O. do rio Juqueri 20 mg/l

Segundo dados constantes no quadro 3.3.5, prevê-se a condição anaeróbica na maior parte do reservatório de Pirapora na época crítica (inverno) com carga de 20m³/s de esgoto, indicando que esta carga é superior a capacidade de assimilação, tornando precária a qualidade do efluente tratado pelo sistema em estudo.

A aplicação do processo de tratamentos artificiais no próprio reservatório Pirapora, tais como, o processo da lagoa aerada ou tratamento prévio do esgoto à montante do mesmo reservatório, será uma possível solu-ção para a suplementação da capacidade assimiladora do reservatório.

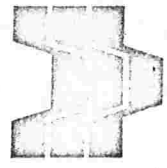
4. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE EUTROFICAÇÃO NA REPRESA BILLINGS

4.1. Introdução

O enriquecimento de ambientes aquáticos por sais nutrientes acarreta a proliferação de algas trazendo graves consequências para os múltiplos usos que se dá às águas.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Herrmann Jr. 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 - São Paulo



Com a evolução da eutrofização, uma lagoa poderá atingir, em suas condições ecológicas, situação semelhante a lagoa de estabilização (facultativa). Este fato nos permite verificar os graves danos ocasionados à água pela eutrofização.

O esgoto sanitário é considerado ótimo meio de cultura para o desenvolvimento de algas, nele contendo quase todos os elementos necessários para a proliferação de fito-plâncton. Vê-se que o lançamento de esgotos num corpo receptor acelera as condições para a eutrofização.

A velocidade deste fenômeno biológico ocorre exponencialmente, isto é, quando os sais nutrientes forem integrados no ciclo da ecologia aquática, certa quantidade é eliminada, enquanto que uma porção significativa fica acumulada no sistema ecológico aumentando a taxa de produtividade de algas.

Dentre os macro e micro-nutrientes que interferem no desenvolvimento de algas, o nitrogênio e o fósforo são os elementos apontados como fatores limitantes mais prováveis para o crescimento destes organismos vegetais clorofilados nas águas em geral, sendo possível, portanto, o controle da eutrofização eliminando-se esses sais nutrientes nos lançamentos poluidores.

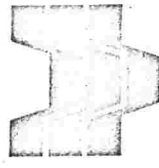
Dentre as diversas soluções adotadas em vários países para a preservação de mananciais do fenômeno em questão, salienta-se o processo de afastamento das fontes poluidoras para fora das bacias. Nos lagos Tahoe e Washington, nos EUA, lagoa Suwa, no Japão (28) foi adotada a solução anterior, solucionando-se o problema de eutrofização.

Desenvolvem-se atualmente vários processos biológicos e químicos para a eliminação de sais nutrientes. Spiegel e Farres T. (29) informam, no seu trabalho, que investigou todos os processos referente à remoção de fosfato, - que o custo operacional varia no intervalo de 6 a 15 centavos por 1 m³ de esgoto com 80 a 95% da eficiência.

Na área da grande São Paulo, prevê-se para o ano 2000, um fluxo de

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 465 - Tels. 286-0886/8406/8507/8639 - Cep 05459 - São Paulo



esgoto com cerca de 80 m³/s, dos quais aproximadamente 50 m³/s deverão ser tratados através do sistema rio Juqueri-Reservatório de Pirapora e cerca de 10 m³/s no sistema ETE-Mogi das Cruzes e ETE-São Miguel. Os 20 m³/s restantes correspondentes à população não beneficiada pela rede de esgotos não sofrerão tratamento até que os materiais poluentes atinjam direta ou indiretamente a represa Billings.

Como se sabe, os processos biológicos convencionais apresentam capacidade restrita para a renovação de sais nutrientes. O processo de lodos ativados, por exemplo, remove apenas aproximadamente 30% dos nutrientes lançados no processo. Por outro lado, embora o processo de lagoa de estabilização apresente melhor eficiência para a remoção de nutrientes do meio líquido, a maioria destes fica retida nas células de algas, o que não impede o processo de entrofização.

Atualmente a represa Billings recebe cerca de 10 m³/s de esgoto, apresentando deste modo alto grau de entrofização, notadamente na época da chuva, quando há maior diluição de materiais poluentes.

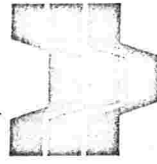
Com base nas atuais condições sanitárias, será inevitável que no futuro a represa Billings sofra maior grau de entrofização, pois receberá lançamentos de esgotos tratados dos dois sistemas de tratamento referidos anteriormente, a não ser que desvie totalmente destes efluentes para fora da represa ou remova os seus nutrientes através dos processos de altos níveis do tratamento.

No presente trabalho, tendo como estudo prioritário a assimilação de materiais poluentes no rio Juqueri e Reservatório de Pirapora dentro de prazo limitado, não foram efetuadas pesquisas aprofundadas sobre o problema de entrofização na represa Billings.

Apresenta-se a seguir os resultados de algumas experiências com o objetivo de verificar a eficiência de eliminação de nitrogênio e fósforo no processo de lagoa de estabilização.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 São Paulo



4.2. Experiências Realizadas

Experiência 1 - Remoção de nitrogênio amoniacal e fosfato solúvel pela variação do valor de pH.

1.1. Objetivo

A elevação do pH causada pela fotossíntese, na lagoa de estabilização (aeróbia), sedimenta fosfatos insolúveis pela combinação com íons alcalino terrosos (Ca, Mg, etc.) (30). Por outro lado, amônia também pode ser eliminada do resíduo líquido em forma de gas amoníaco com o aumento do pH, de acordo com equilíbrio iônico (31). O presente estudo, tem por objetivo verificar a eficiência da remoção de nitrogênio e fósforo no processo da lagoa de estabilização pelo efeito da variação do pH.

1.2. Procedimento

Foram preparados 6 frascos com amostras de esgoto coletadas no afluente da ETE-Pinheiros. Em cada frasco foi adicionada solução de 0,1 N de hidróxido de sódio (NaOH) e oxidato de cálcio (CaO) para correção do pH de 7, 8, 9, 10, 11 e 12, respectivamente. Foi utilizado agitador magnético para misturar a solução de NaOH ou CaO com esgoto líquido. Após 15 minutos de repouso, as amostras foram submetidas a análises para determinação de teor de nitrogênio amoniacal e fosfato solúvel.

1.3. Resultado

Observou-se que a remoção de nitrogênio amoniacal do esgoto chegou a cerca de 30 a 40% quando o valor de pH foi elevado próximo a 12 (Quadro 4.2.1 e 4.2.2.). Não se notou a diferença na eficiência de remoção deste elemento com os diferentes tipos de reagente utilizados para a correção de pH. Por outro lado, houve considerável remoção de fosfato solúvel somente quando se utilizou CaO para a correção do pH. Este fato poderia ser explicado

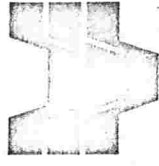
ELIMINAÇÃO DE NITROGÊNIO E FOSFATO SOLÚVEL
PELA VARIACÃO DE VALORES DE pH NO ESGOTO SANITÁRIO
 (CORREÇÃO DO pH COM NaOH)

Valores de pH	Conc. de NH ₄ -N encontrado mg/l	Conc. de PO ₄ -P encontrado mg/l	Observação
7	42,0	2,84	CONC. de Ca no Esgoto = 18,4 mg/l.
8	40,0	2,88	
9	57,0	2,88	
10	33,0	2,88	
11	-	2,80	
12	24,0	2,42	

QUADRO 4.2.2

ELIMINAÇÃO DE NITROGÊNIO E FOSFATO SOLÚVEL
PELA VARIACÃO DE VALORES DE pH NO ESGOTO SANITÁRIO
 (CORREÇÃO DO pH COM CaO)

Valores de pH	Conc. de NH ₄ -N encontrado mg/l	Conc. de PO ₄ -P encontrado mg/l	Quantidade de Ca consumido mg/l
7	13,2	0,63	-
8	12,1	0,56	13,2
9	12,3	0,54	24,8
10	11,2	0,22	56,8
11	10,6	0,24	111,0
12	8,9	Traço	303,9



levando-se em conta que a quantidade de cálcio contida no esgoto (18,4 mg/l) é insuficiente para formar sal insolúvel com o fosfato. Foi necessário cerca de 100 mg/l de cálcio para remoção de 0,4 mg/l de fosfato (na forma de P) e 300 mg/l para a remoção quase total.

1.4. Conclusão

É possível eliminar quantidades significativas de nitrogênio amoniacal contida no esgoto em forma de gás pela simples elevação do pH ocasionada pela ação fotossintética. Entretanto, é necessário adicionar cálcio para a eliminação efetiva do fosfato solúvel.

Experiência 2 - Crescimento de algas no esgoto em função do tempo.

2.1. Objetivo

Esta experiência tem por objetivo verificar o crescimento de algas no esgoto em função do tempo, a fim de avaliar a permanência de algas no corpo receptor do efluente tratado, pelo processo de lagoa de estabilização.

2.2. Procedimentos

Foram preparados 7 grupos de amostras compostas de dois frascos com o esgoto de características iguais e com a mesma quantidade inicial de algas.

Foi utilizado esgoto filtrado coletado no afluente do ETE- Pinheiros para a experiência. O tipo de alga adicionado nas amostras foi a Chlorella sp obtida por cultura pura. Todos os frascos foram incubados na sala de incubação com a temperatura constante ($20^{\circ}\text{C} \pm 2$).

A fonte de luz constitui em 4 lâmpadas fluorescentes de 40w, mantendo-se a 50 cm de distância dos frascos. Foram determinadas periodicamente (em intervalos de 5 a 7 dias) as concentrações de seston, NH_4N , $\text{NO}_2\text{-N}$,

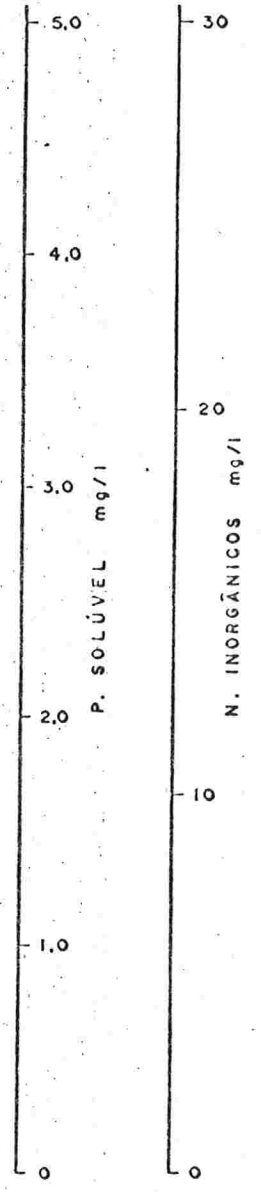
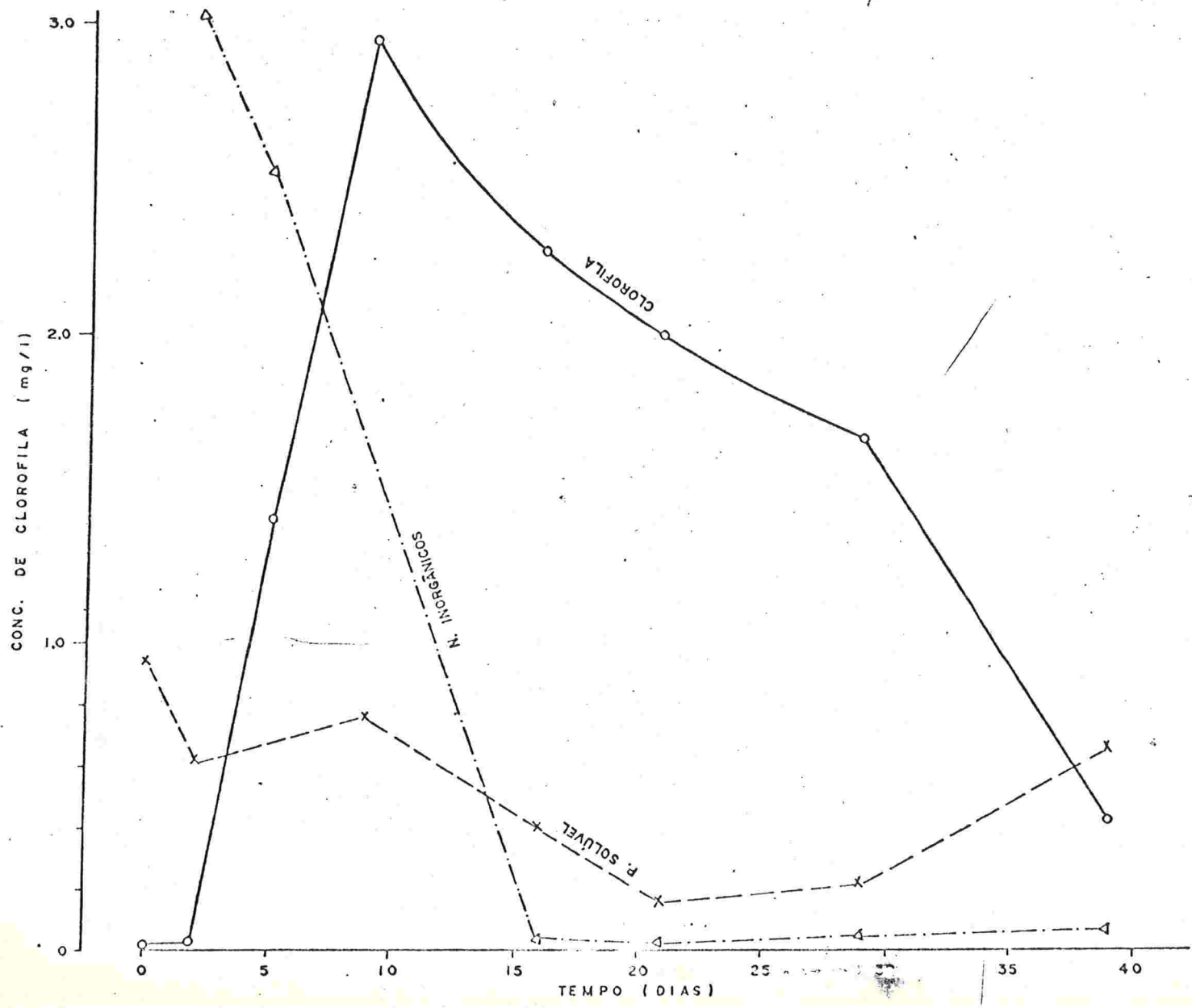
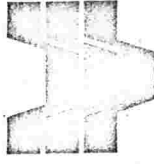


GRÁFICO 4-2-1

CRESCIMENTO DE ALGAS E VARIÇÕES DE
CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO INORGÂNICOS
E FOSFATO SOLÚVEL EM FUNÇÃO DO TEMPO

ENGR	ANDRÉ RAETO	31/09/73	4-2-1
	DESENHISTA	DATA	NÚMERO



NO-3N e PO-4P de cada amostra, além da medição de pigmentos clorofilados que representam a quantidade de algas.

2.3. Resultado

A síntese dos resultados obtidos nas experiências encontra-se no gráfico 4.2.1. As algas crescem rapidamente nos primeiros 10 dias, decrescendo lentamente em seguida, chegando a $\frac{1}{15}$ da quantidade máxima após 40 dias de cultura.

As concentrações de nitrogênios inorgânicos são reduzidos bruscamente com o crescimento de algas, chegando-se a concentrações diminutas após 10 dias de experiência. A variação da concentração de fosfato solúvel é complexa. Após cerca de 20 dias da experiência, sua concentração reduziu-se até aproximadamente 80% da inicial com ligeiro aumento posterior.

Este fenômeno poderia ser atribuído a facilidade de dissolução de fosfato da célula de algas inativas para o meio líquido, ocorrendo mais lentamente o mesmo fenômeno no caso do nitrogênio.

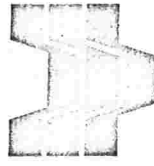
2.4. Conclusão

Os resultados fornecem dados para a avaliação das concentrações de algas na represa Billings resultante do recebimento do afluente do reservatório Pirapora que poderá ser aproveitado como lagoa de estabilização.

RESUMO DO TRABALHO EFETUADO

1 - O presente relatório apresenta os resultados do levantamento sanitário efetuado no sistema Juqueri-Pirapora e Represa Billings e dos estudos da capacidade assimiladora do rio Juqueri e Reservatório de Pirapora realizados no período de março a agosto de 1.973.

2- De modo geral estes recursos hídricos encontram-se em acentuado estado de

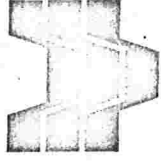


poluição. No rio Juquerí a poluição atinge seu máximo (72 mg/l DBO), logo após a sua confluência com o Ribeirão São Miguel, a partir do qual as matérias poluentes diminuem rapidamente, completando a estabilização no trecho inicial do Reservatório de Pirapora.

No reservatório observa-se teores de oxigênio dissolvido em qualquer época do ano, embora em quantidades limitadas. Não há praticamente proliferação de algas devido a reduzidas concentrações de sais nutrientes e aos altos índices de cor e turbidez causado pelo despejo de indústria de celulose situada a montante, no rio Juqueri. Há uma influência significativa de águas do rio Tietê na qualidade das águas do Reservatório de Pirapora, principalmente na época de chuva em certos trechos, ocasionada pela operação da Barragem Edgar de Souza na época de chuva. Na maioria dos trechos do Rio Tietê compreendidos entre Barragem Edgar de Souza e Ponte dos Remédios, os índices de DBO se apresentam relativamente baixos. Há um aumento mais acentuado nos índices de matéria orgânica notadamente na época de chuva causada possivelmente pela inversão da direção de escoamento que carrega materiais poluentes da cidade de Osasco no sentido da barragem de Edgar de Souza.

Os altos teores de matéria orgânica verificados no canal de Pinheiros, sofrem estabilização gradativa na Represa Billings. Grande parte da represa se apresenta com elevadas concentrações de materiais poluentes os quais variam de acordo com a época do ano. No entanto, já nas imediações da barragem da Estrada dos Imigrantes observa-se uma estabilização já bastante avançada.

3 - A capacidade assimiladora do Rio Juquerí depende praticamente das condições hidráulicas. Em condições atuais (antes da retificação) é possível chegar a uma taxa de aproximadamente de 20% de remoção de matéria orgânica enquanto que espera-se capacidade quase nula se for executada a retificação do rio. Esta diferença significativa da capacidade assimiladora po-



de ser atribuída principalmente à velocidade do escoamento da água, cujo aumento faz diminuir a sedimentação de matéria orgânica.

4 - Ao receber o lançamento do esgoto de São Paulo, o reservatório de Pirapora funcionará em regime de lagoa anaeróbia primária, lagoa anaeróbia secundária e lagoa facultativa em série, em função da carga poluidora.

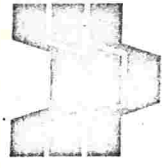
Estão em andamento vários estudos visando a determinação dos parâmetros necessários para o dimensionamento destas lagoas através dos processos de simulação e determinação "in loco".

Tentou-se avaliar a capacidade assimiladora deste reservatório para se conseguir uma visão preliminar do funcionamento futuro do sistema. Segundo esta avaliação, o reservatório assimilaria aproximadamente 15 m³/s do esgoto com eficiência de quase 90%.

Recomendações

Além do prosseguimento normal dos trabalhos já programados, recomenda-se a realização dos seguintes estudos, tendo em vista o melhor aproveitamento do sistema em estudo.

- a) Estudos da viabilidade da aplicação do processo biológico no emissário projetado no sistema.
- b) Estudo da aplicação de sistemas de lagoas aeradas no Reservatório de Pirapora.
- c) Estudo da velocidade de acúmulo do lodo na lagoa anaeróbia a ser utilizada no Reservatório de Pirapora.
- d) Estudo da produção de gás sulfídrico no processo de lagoa anaeróbia em condições climáticas semelhantes às da região de Pirapora.
- e) Estudo de viabilidade da aplicação do sistema de recirculação no pro-

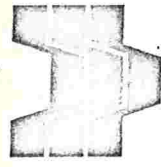


cesso da lagoa de estabilização.

- f) Estudo de viabilidade da aplicação do sistema do filtro biológico no processo da lagoa de estabilização.
- g) Estudo de efeito da reaeração no processo de estabilização anaeróbica
- h) Levantamento pormenorizado do movimento da água no reservatório de Pirapora
- i) Estudo da possível eutrofização causada pelo efluente tratado do sistema em estudo na represa Billings - Estuário de Santos e nos Trechos do médio e baixo Tietê.
- j) Estudo da influência do lodo na eutrofização dos braços da represa Billings possivelmente a serem utilizados para o abastecimento público.
- k) Estudo da industrialização das algas que proliferam em lagoas facultativas tendo em vista seu aproveitamento como ração para animais.

Lim. Hideo Kawai
Divisão de Pesq. Hidrobiológicas

Biol. Sérgio J. Chinez
Divisão de Pesq. Hidrobiológicas



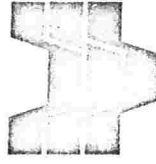
CETESB

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

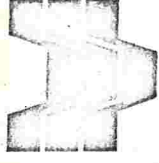
- 1- APHA - AWWA - WPCF - Standard Methods for the examination of water and wastewater - 13 th. ed. 1971.
- 2- Hazen and Sawyer Engineers - Relatório sobre disposição de esgoto - São Paulo, 1967.
- 3- Governo Japonês. Comissão de Proteção Animal - Critério sobre qualidade da água para a fauna aquática. Tokyo, 1967.
- 4- Mackee, J.E. and H.W. Wolf - Water quality criteria. 2ª ed. The resource agency of California, state water quality control board. Publication nº 3-A. 1963.
- 5- Churchill, M.A, H.L.Elnore and R.A. Backinghan - The prediction of Stream reaeration rates. Advances in water Pollution Research, 1. - p.289-120, 1962.
- 6- Grã Bretanha. Department of Scientific and Industrial Research - Effects of polluting discharges on the Thamestuary. London. Her Majesty's Stationary Office, p.297-299, 1963.
- 7- Inhoff, K. - Manual do tratamento de água residuárias. p.26. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1966.
- 8- Gloyne, E.F. - Waste Stabilization Ponds. World Health Organization, Geneva, 1971.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 - São Paulo



- 9- Mehta, R.S. - Oxidation Ponds. Nagpur, Central Public Health Engineering Research Institute, 1966.
- 10- Shaw, V. A., G.P. Meiring and H.H. Van - Preliminary results of Research on raw sewage stabilization ponds. Pretoria. C.R.I.P., - 1962.
- 11- Walton, B. N. and D. G. Chase - Sewage design and construction. In Manual for Sewage plant operator, 3rd. ed., Lancaster. Penn. - Lancaster Press, p.87, 1964.
- 12- Perker, C.D., H.L. Jonex and N.C. Gruna - Performance of large scale sewage lagoons at Melbourne, Australia. Sewage Ind. Wastes. - 31. p.133, 1959.
- 13- Hogge, H.L. and S.L. Dobko - Use of sewage ponds in Alberta, Canada. Proceeding of Symposium on waste stabilization lagoons. - Kansas City, Missouri, p.111-116. 1960.
- 14- Eckenfelder, W.W. - Industrial water pollution control Bergamon Press, 1966.
- 15- Matsushita, A.T. e H.Kawai - Características funcionais de lagoas de estabilização no Brasil. Parametro de dimensionamento. XIII - Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria, Asuncion - Paraguay p.II-1-28.
- 16- Fair, A. M. and E. W. Mech, - Observations on the digestion of a sewage sludge over a wide range of temperature. Sewage work Journal. v.9. p.11, 1937.
- 17- Oswald, W.J. - Research Installation experiences in California. - Proceedings of Symposium on waste stabilization lagoons. Kansas City, p.41, 1960.
- 18- Wachs, A.W. and A.Berend. - Extra deep ponds. Advances in water quality improvement. Univ. of Texas Press, Austrin and London. P.450-456, 1968.



CETESB

- 19- Branco, S.M. - Estudo das condições sanitárias da represa Billings.
Simpósio de Engenharia Sanitária. D.A.E. Governo do Estado de São Paulo. p.32-36, 1966.
- 20- Kawai, H., K.Mario, C.C.Amaral Silva e S.M. Branco - Eutrofização no lago do Paranoá em Brasília. XIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária, Asuncion, Paraguay. p.IV-1-35, 1972.
- 21- Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico (São Paulo) - Levantamento sanitário e ecológico na represa de Barra Bonita. Informações técnicas de maio, junho, julho e setembro de 1973. Convênio - CETESB/CESP.
- 22- Hutchinson, G.E. - A treatise on Limnology . 1. p. John, Wiley, - London, 1957.
- 23- Lochr, R.C. - Efluente quality from anaerobic Lagoons treating - fudlot wastes. Wat.Poll.Cont.Fed. V.39. p.384-391, 1967.
- 24- Perker, C.D. - Purification of sewage in lagoons. Sewage and Ind. Wastes 22, 6, p.760-1950.
- 25- McCarty, P.L. - Anaerobic waste treatment fundamentals. part two. Environmental Requirements and Control. Pub. Works. p.123, 1964.
- 26- Siddiqui, R.H. and B.K. Handa - Evaluation of Some Stabilization ponds in India. Journ. Sanit. Eng. Div. v.97, nº 9A-1 p.91-100, - 1971.
- 27- Rocha, A.A. - Informação pessoal - CETESB.
- 28- Spiegel, M. and T.H. Forrest - Phosfato removal:summary of pá pers. Journ. Sanit. Eng. Div. v.95 NºSA 5 p.803-814, 1969.
- 29- Bogan, R.H., D.E.Albertson and J.C.Pluntze - Use of algae in removing phosphorus from sewage. Journ.Sanit.Eng.Div. v.86, SA 5,- p.1-20, 1960.
- 30- Hemens, J. and. G.J.Stander - Nutrient Removal from sewage effluents by algae activity. Advance in water pollution research. P, 701-711. 1969.

Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 465 · Tels. 286-0886/8406/8507/8639 · Cep 05459 São Paulo