

# AVALIAÇÃO DO MÉTODO EDAFO-FITODEPURAÇÃO PARA TRATAMENTO PRELIMINAR DE ÁGUAS

ENEIDA SALATI MANFRINATO  
ENGENHEIRA CIVIL

Orientador: Prof. Dr. NILSON A. VILLA NOVA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em agronomia, Área de Concentração: Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
FEVEREIRO/1989.

Manfrinato, Eneida Salati  
M276a Avaliação do método edafó-fitodepuração para  
tratamento preliminar de águas. Piracicaba,  
1989.  
98p.

Diss.(Mestre) - ESALQ  
Bibliografia.

1. Água fluvial - Tratamento - Método 2. Agua-  
pe - Atividade depuradora 3. Arroz - Solo 4. Rio  
Piracicaba - Poluição - Controle I. Escola Supe-  
rior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 628.39

# **AVALIAÇÃO DO MÉTODO EDAFO-FITODEPURAÇÃO PARA TRATAMENTO PRELIMINAR DE AGUAS**

**ENEIDA SALATI MANFRINATO**

Aprovada em: 04/05/1989

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Reynaldo Luiz Victoria

ESALQ/USP

Prof. Dr. Nilson A. Villa Nova

ESALQ/USP

Prof. Dr. Marcos Vinícius Folegatti

ESALQ/USP



Prof. Dr. Nilson A. Villa Nova  
Orientador

*Ao meu companheiro, Marcos  
Aos meus filhos Tales e Luiza  
Ao meu filho que irá nascer,  
que com outras crianças,  
merecem um mundo mais "limpo".*

***DEDICO***

*A meu pai,  
Ele, que com carinho e amor  
Nunca se cansou de  
Ensinar a viver e amar  
As coisas da Terra e do Céu.  
Sempre serei grata*

***MINHA HOMENAGEM ESPECIAL***

## AGRADECIMENTOS

- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), pelas condições oferecidas;
- Ao meu ex- orientador Prof. Dr. Ricardo B. Sgrillo, pelo apoio dado desde o inicio dos meus estudos;
- Ao meu orientador Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova, pela sua orientação, dedicação e amizade;
- A Prefeitura Municipal de Piracicaba, durante a gestão do Sr. Prefeito Adilson Benedito Maluf, cujo apoio foi fundamental para o andamento desta pesquisa;
- Ao Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE), em especial ao Eng. Hugo Marcos Piffer Leme, pelas análises realizadas;
- A seção de Isótopos Estáveis e Hidrologia/CENA, pelo apoio logístico e infra-estrutura para o desenvolvimento do meu trabalho;
- A seção de Ecologia/CENA, em especial aos técnicos Rosângela A. de Gaspari Rocha e Odair Bastos de Almeida, pela colaboração nas coletas das amostras e análises realizadas;
- A seção de Radioquímica/CENA, em especial ao Prof. Dr. Francisco J. Krug, pelas análises realizadas;
- Aos amigos Miguel Luiz Baldessin, e Adriana C. Biagiioni Lopes, pelo apoio

no manuseio dos computadores;

- Às bibliotecárias Silvia Maria Zinsly e Liamar Donizete Antoneli, pelo apoio na revisão da citação de literatura;
- Aos colegas Luiz Antonio Martinelli, Ana Elisa de Vives Carneiro e Robinson Luis Tuon, pela amizade e companheirismo;
- ÀOOOOOO todas as pessoas aqui não citadas, mas que contribuiram para a realização deste trabalho

*Meu muito obrigado*

## ÍNDICE

	Página
LISTA DAS FIGURAS.....	vii
LISTA DAS TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
2.1. O AGUAPE.....	06
2.1.1. Ação depuradora do aguapé.....	08
2.1.2. Alguns projetos de despoluição hídrica que utilizam o aguapé.....	13
2.2. SOLOS FILTRANTES.....	15
3. MATERIAL E MÉTODO.....	17
3.1. LOCAL DE ESTUDO.....	17
3.2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DESPOLUIÇÃO.....	17
3.2.1. Sistema I: Canais cultivados com plantas aquáticas e solos filtrantes.....	18
3.2.2. Sistema II: Solos filtrantes consecutivos.....	21
3.3. METODOLOGIA.....	23
3.3.1. Manejo dos sistemas.....	23

3.3.1.1. Sistema I: canal de aguapé-solosfiltrantes.....	23
3.3.1.2. Sistema II: Solos filtrantes consecutivos.....	23
3.3.2. Sistema de coletas.....	24
3.3.3. Parâmetros analisados.....	26
3.3.4. Calibração das Calhas " PARSHALL" de 6" e 9".....	27
4. RESULTADOS.....	31
5. ANALISE E DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS.....	36
5.1. EFICIENCIA DOS PROCESSOS ESTUDADOS.....	56
5.1.1. Sistema I: Canal com aguapé e solos filtrantes.....	56
5.1.1.1. Eficiência do aguapé.....	56
5.1.1.2. Eficiência do solo filtrante.....	58
5.1.1.3. Eficiência do sistema.....	60
5.1.2. Sistema II: Solos filtrantes consecutivos.....	62
5.2. MUDANÇA DA CLASSIFICAÇÃO DA AGUA PARA ABASTECIMENTO.....	64
5.2.1. Sistema I: Canal de aguapé e solo filtrante.....	65
5.2.1.1. Agua de entrada do sistema ( água do Rio Piracicaba).....	65
5.2.1.2. Canal com aguapé.....	66
5.2.1.3. Saída do sistema.....	66
5.2.2. Sistema II: Solos filtrantes cansecutivos.....	67
5.2.2.1. Agua de entrada do sistema (água do Rio Piracicaba).....	67

5.2.2.2. Saída do sistema .....	67
6. CONCLUSÕES.....	93
7. LITERATURA CITADA.....	95

## LISTA DAS FIGURAS

vii

FIGURA	Página
1 Efluentes Domésticos e Industriais- Evolução das vazões totais.....	04
2 Efluentes Domésticos e Industriais - Evolução das cargas poluidoras.....	05
3 Sistema de despoluição hídrica, utilizando canal de plantas aquáticas e solos filtrantes.....	20
4 Detalhe do sistema de drenagem dos solos filtrantes.....	20
5 Sistema de despoluição hídrica, utilizando solos filtrantes consecutivos.....	22
6 Detalhe do vertedor triangular.....	22
7 Localização dos pontos de coleta.....	25
8 Curva teórica e curva observada na calibração da calha "PARSHALL", DE 6"	29
9 Curva teórica e curva observada na calibração da calha "PARSHALL" de 9"	30

**LISTA DAS TABELAS**

TABELA	Página
01 a 13 Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguape- solo filtrante.....	32
14 a 24 Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema solos filtrantes consecutivos.....	45
25 a 37 Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante, em relação aos padrões utilizados pela CETESB.....	69
38 a 48 Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos, em relação aos padrões utilizados pela CETESB.....	82

## AVALIAÇÃO DO MÉTODO EDAFO-FITODEPURAÇÃO PARA TRATAMENTO PRELIMINAR DE ÁGUAS

Autora: ENEIDA SALATI MANFRINATO

Orientador: PROF. DR. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

### RESUMO

Foram analisados os parâmetros mais relevantes ( Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Fecais e Totais, Turbidez, Cor, e Substâncias químicas inorgânicas) para a caracterização das águas para abastecimento público no Rio Piracicaba, durante o período de junho/1986 a junho/1987. Foram ainda estudadas as eficiências de 2 sistemas para descontaminação de águas.

O primeiro processo estudado utilizava uma combinação de plantas aquáticas flutuantes (principalmente a *Eichornia crassipes*) e solos filtrantes cultivados com arroz (*OR/24 SAT/V4*-variedade IAC 44/40).

O canal de plantas flutuantes totalizava uma área de 4320 m<sup>2</sup> e dos solos filtrantes 2014 m<sup>2</sup>. A vazão de entrada no sistema foi mantida a 40 l/s, equivalente a 93 l/s/ha e no solo filtrante 20 l/s, equivalente a 99 l/s/ha.

O segundo processo estudado foi uma sequência de dois solos filtrantes cultivados com arroz (OR/74 547/V4- variedade IAC 44/40), totalizando uma área de 410 m<sup>2</sup>. A vazão foi mantida a 2 l/s, equivalente a 49 l/s/ha.

Os dados obtidos indicaram que a utilização desses sistemas permite uma descontaminação da água, especialmente no que diz respeito a DBO<sub>5</sub>, coliformes fecais e totais, turbidez, cor e substâncias químicas inorgânicas.

## EVALUATION OF THE METHOD EDAPHIC-PHYTODEPURATION FOR PRELIMINARY TREATMENT OF WATERS

Author: ENEIDA SALATI MANFRINATO

Adviser: PROF. DR. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

### SUMMARY

The most important parameters ( $BOD_5$ , Total and Fecal Coliformes, turbidity, color and inorganic compounds) for characterization of drinking water were analysed during the period of june/1986 to june/1987. The efficiency of two systems for water descontamination were studied during this period.

The first system studied was a combination of floating aquatic plants and soil beds cultivated with rice. The area of the system with aquatic plants was  $4,320\text{ m}^2$  and the area of the soil beds was  $2,014\text{ m}^2$ .

The flow in the system with aquatic plants was constant during the whole experiment time and equal to 40 l/s, corresponding to a flow equivalent to 93 l/s/ha. In the soil bed the flow was 20 l/s, equivalent to 99 l/s/ha.

The second system studied was a sequence of two soil beds, cultivated with rice, with a total area of 410 m<sup>2</sup>. The flow was also constant and equal to 2 l/s, equivalent to 49 l/s/ha.

The data obtained during one year of the experiment showed that both systems can reduce significantly the most important parameters of the water, such as total and fecal coliformes, BOD<sub>5</sub>, turbidity, color and inorganic compounds.

## 1. INTRODUÇÃO

O abastecimento de água das cidades do Brasil em grande parte é feito com águas superficiais, provenientes de rios ou lagos artificiais abastecidos por córregos ou rios.

Muitas das estações de tratamento de águas existentes, foram projetadas e construídas há algumas dezenas de anos, quando as águas dos rios e represas estavam dentro dos limites de qualidade exigidos pelas leis para abastecimento.

Nestas últimas décadas, quer pelo crescimento dos parques industriais, quer pelo aumento da população nos centros urbanos, os córregos, vários rios e represas apresentam-se altamente contaminados e estão na maior parte do ano com suas águas fora dos limites para potabilidade.

Em particular, a bacia do Piracicaba, a qual abrange 44 Municípios sendo 40 do Estado de São Paulo e 4 do Estado de Minas Gerais, numa área de aproximadamente 12.000 Km<sup>2</sup>, é uma das mais poluídas do país. As cidades em sua maioria foram crescendo sem a preocupação básica de implantar sistemas para tratamento de seus esgotos domésticos, de tal forma que de um total de 2.500.000 (dois milhões e quinhentos mil) de habitantes, apenas 5% das cargas orgânicas de origem urbana são removidas por estações de tratamento, e a parte restante 76 toneladas de

DBO/dia ainda é lançada diretamente aos rios. Quanto à carga orgânica de origem industrial, observa-se que o potencial poluidor é da ordem de 1.440 toneladas de DBO/dia, cerca de 18 vezes a carga urbana, mas aproximadamente 95% desse valor é removido remanescendo 77 toneladas de DBO/dia. Apesar do elevado índice de remoção nesse caso, verifica-se que os 5% remanescentes ainda são da mesma magnitude das cargas urbanas lançadas. As unidades de tratamento existentes, na sua maioria estão instaladas em pequenos municípios e as grandes cidades como Piracicaba, Rio Claro, Limeira, Americana, Santa Bárbara D'Oeste, etc., não possuem um sistema adequado para tratamento de seus efluentes líquidos.

Estudos realizados pelo DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica) - 1984, comprovam a necessidade de se implantar urgentemente sistemas de tratamento de águas de esgotos urbanos e industriais ao longo da bacia do Piracicaba. A situação atual e projeções futuras das vazões e cargas poluidoras dos efluentes domésticos e industriais para o caso específico da Bacia do Piracicaba , encontram-se nas figuras 1 e 2.

Duas alternativas podem ser utilizadas para resolver os problemas:

- alterar as características das estações de tratamento.
- buscar água em córregos ou rio menos poluídos.

Estas duas alternativas são caras e nem sempre podem ser exequíveis.

Buscando solução para o problema, foram desenvolvidos diversos trabalho para purificar as águas dos rios. Uma estação piloto de tratamento utilizando plantas aquáticas e solos filtrantes, foi implantada num trabalho em conjunto da Prefeitura Municipal de Piracicaba e do Centro

de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). Os detalhes básicos dos processos despoluidores desta estação estão discutidos por SALATI & RODRIGUES (1982) e por SALATI (1987).

A finalidade deste trabalho foi estudar a eficiência de tratamento do sistema piloto (Edafó-Fitodepuração): solo filtrante mais plantas aquáticas, preconizado por SALATI & RODRIGUES (1982) e SALATI (1987), na recuperação da água do Rio Piracicaba.

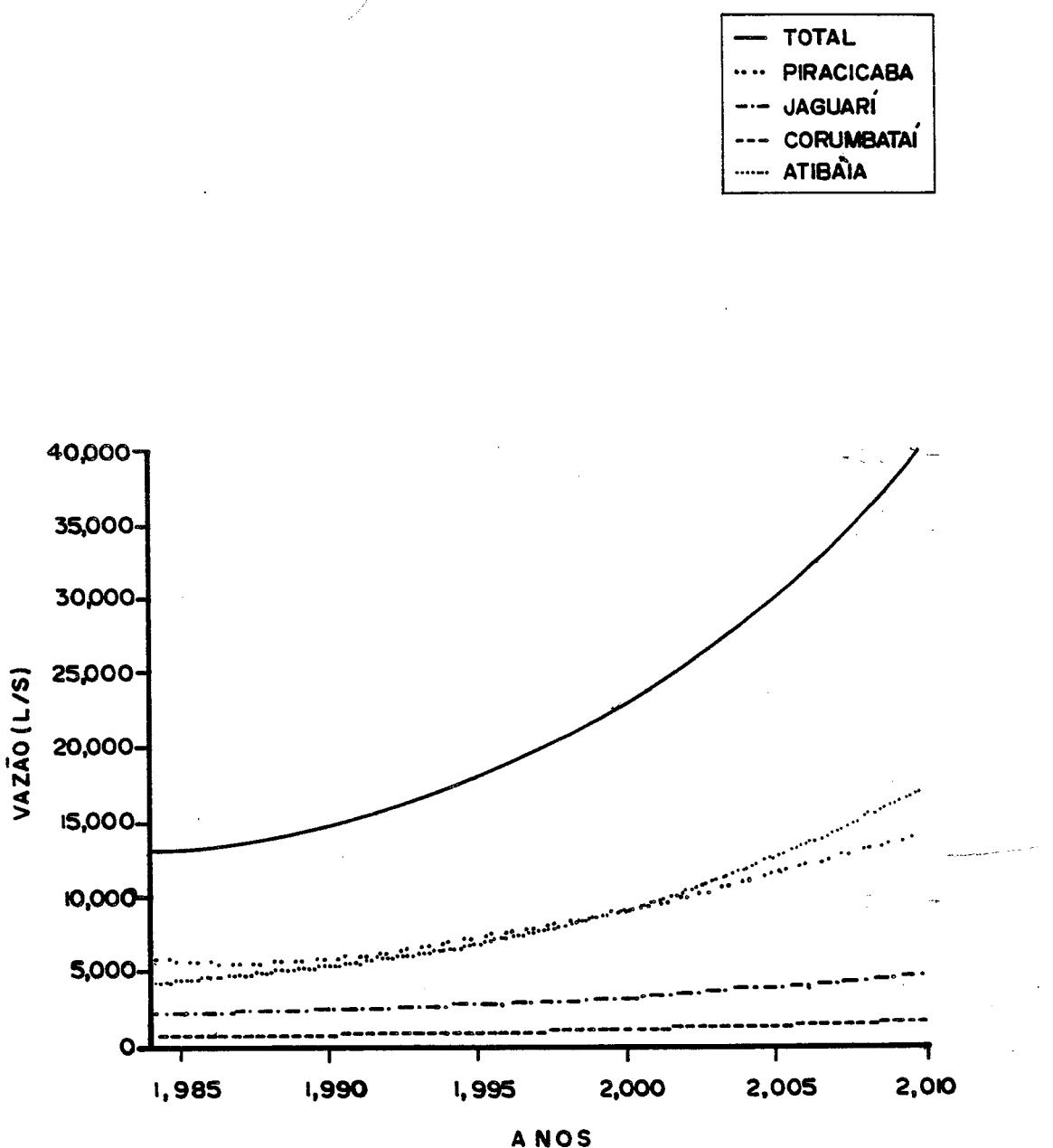


Figura 1: Efluentes Domésticos e Industriais-  
Evolução das vazões totais.

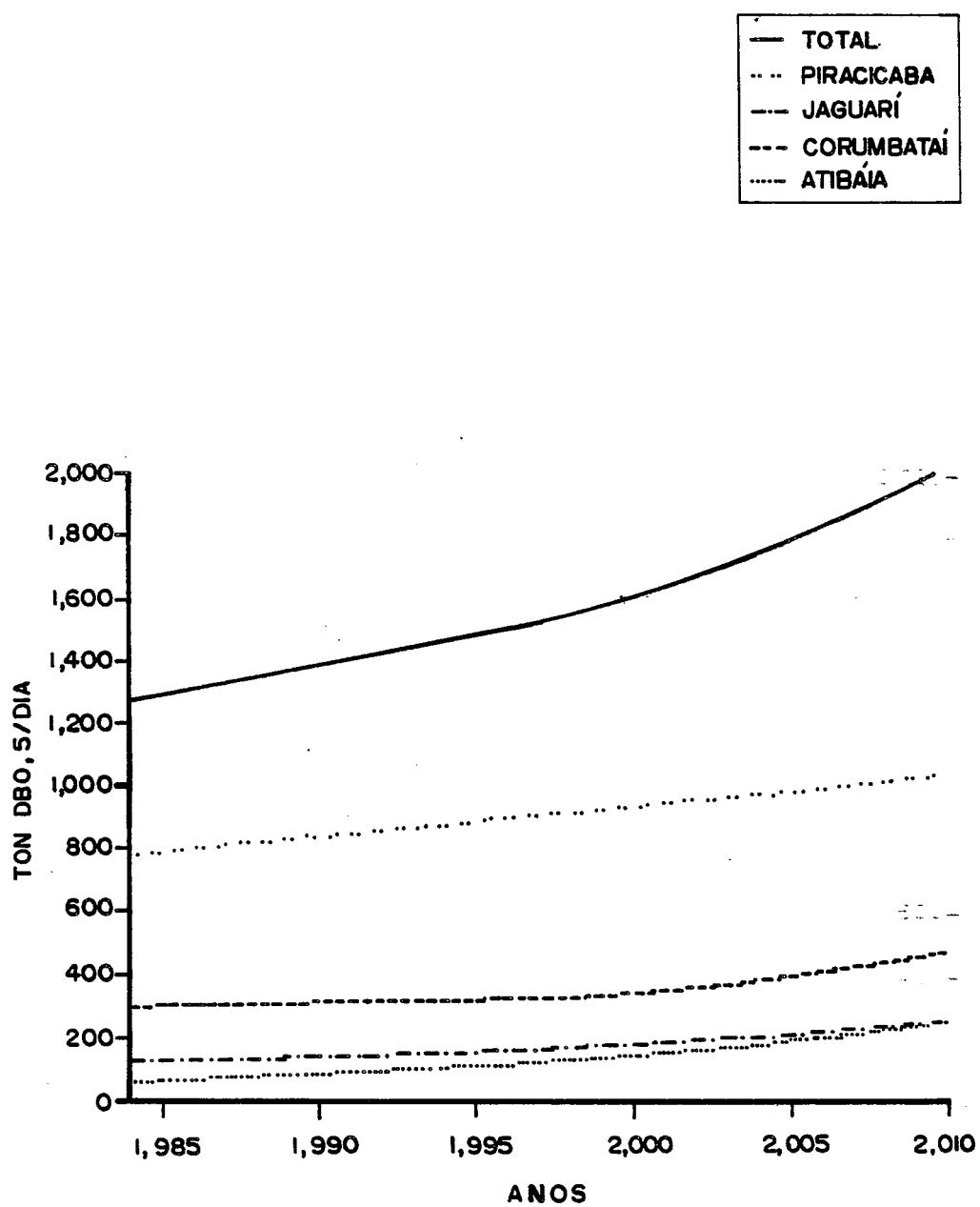


Figura 2: Efluentes domésticos e industriais- Evolução das cargas poluidoras.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

O poder depurador de diversas plantas aquáticas flutuantes, como o aguapé, salvinia, pistia e outras, foi estudado em diferentes regiões e com diferentes efluentes. O aguape, sempre apresentou melhores resultados, sendo mais resistente ao nosso clima e de rápida adaptação quando em contato com os mais diversos tipos de efluentes. Assim, a planta aquática utilizada para realizar a depuração da água neste trabalho, foi o aguapé.

### 2.1. O aguapé

O aguapé, *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms, é uma monocotiledônea, pertencente à família das Pontedericeae. É uma planta suculenta, constituída em cerca de 95% da água, consistindo de raízes, rizomas, estolões, pecíolos, folhas e inflorescência. Varia em altura desde alguns centímetros até cerca de um metro. As raízes são fibrosas, sem ramificações, com uma coifa conspicua e podem atingir até quase um metro de comprimento, suspensas livremente na água ou fixas ao fundo em águas rasas, podendo até enraizar em locais secos, neste caso sendo a planta

reduzida em tamanho. Em plantas pequenas ou isoladas, a base do pecíolo se dilata e as células do parânquima de enchimento produzem um flutuador. Em plantas maiores, que geralmente ocorrem em agregados densos, a base do pecíolo não tem bulbo tão distinto. Todas as partes da planta, com exceção da semente, tem densidade inferior a 1, e, consequentemente, a planta é flutuante.

O talo vegetativo, ou rizoma, consiste de um eixo com curtos entrenos, e que produz, nos numerosos nós, todas as raízes, folhas, ramos, e inflorescência da planta.

A reprodução ocorre primariamente por processos vegetativos; novas plantas são produzidas por estolões e o crescimento lateral se faz a partir do rizoma. A medida que cada planta produz outras, forma-se uma enorme e espessa camada de plantas interligadas. O tempo médio para duplicação da planta é de cerca de duas semanas, de modo que, sob condições ideais, dez plantas podem cobrir um acre em dez meses. O aguapé tem grande capacidade de regeneração; se quebrado ou triturado, o rizoma pode regenerar uma nova planta dependendo esta regeneração do tamanho do fragmento (PENFOUND & EARLE, 1948).

O aguapé produz uma espiga com 2 a 38 flores. De acordo com Penfound & Earle (1948) parece que ocorre autopolinização devido ao dobramento e esperilamento, quando a flor murcha. Nesta ocasião, a espiga afunda na água, para dispersar suas sementes. Embora a planta floresça quase o ano todo, não há liberação das sementes até o início da estação fria. Quando a cápsula do fruto maduro se rompe, as sementes são espalhadas pela camada de plantas circundantes ou na água, onde afundam. As sementes permitem viáveis por um mínimo de sete anos sendo

pré-requisitos para germinação a escarificação por meio fisico-químicos ou biológicos e a sua exposição ao ar [PERFOUND & EARLE, (1948)].

O aguapé encontra-se espalhado por vários continentes, principalmente em regiões tropicais e sub tropicais, podendo também ser encontrado em regiões temperadas. É bastante conhecido pela grande capacidade de sobrevivência em meios hidricos poluidos, pela excepcional produção de biomassa e também pela ação depuradora dos corpos d'água.

### *2.1.1. Ação depuradora do aguapé*

Estudos científicos iniciados pela NASA e posteriormente por outras entidades de pesquisa demonstraram que, entre outras plantas aquáticas vasculares, o aguapé (*Eichornia crassipes*), tem uma fantástica e polivalente utilidade de se transformar de praga em elemento de alto valor na defesa do meio ambiente, seja purificando os resíduos poluentes, quer como fonte supridora de proteínas ou ainda como fonte produtora de gás combustível.

A ação depuradora do aguapé é devida à:

a) Grande velocidade de desenvolvimento (multiplicações e crescimento) em águas poluídas. BATANOUNY e EL-FIKE, (1975), trabalhando no Egito verificaram que uma planta com área basal de 450 cm<sup>2</sup> após 50 dias cobria uma área de 1084 m<sup>2</sup>. Após 200 dias estendia-se por aproximadamente 150.000 m<sup>2</sup>, com cerca de 3.418.000 plantas. Em condições nutricionais adequadas (água poluída com esgoto doméstico) pode produzir até 262 tonelada/ha/ano de matéria seca, SALES (1978).

b) Capacidade de absorver metais pesados- O aguapé remove

rapidamente metais pesados dissolvidos na água. Numerosos desses metais constituem uma ameaça à saúde humana. Dentre os mais perigosos destacam-se o cadmio, o mercúrio, o níquel, o chumbo e a prata.

WOLVERTON (1975a) investigou o papel do aguape na remoção de cádmio e níquel em sistemas estáticos com água poluidas. Esta planta demonstrou a capacidade de remover metais pesados de sistemas aquáticos por absorção pela raiz e concentração até 0,67 mg Cd e 0,50 mg Ni por grama de matéria seca quando exposta por um período de 24 horas à águas poluidas com concentrações desses metais variando de 0,578 a 2,00 ppm. Desta forma, um hectare de aguapé tem o potencial de remover 300 g de cadmio ou níquel de 240.000 litros de água poluída por esses metais, num período de 24 horas.

BLAKE et alii (1986), compararam a incorporação do cádmio em experimento em série ou sistemas continuos, usando concentrações diferentes de cádmio (0,25; 0,50; 1,00; 2,00ppm), sendo que os efeitos tóxicos são óbvios à concentração de 1 ppm em meio de cultura, concluindo que as raízes acumularam a maior parte (73-86%) do cádmio incorporado.

WOLVERTON & Mc DONALD (1975b), estudaram a remoção da prata, cobalto e estrôncio pelo aguapé em sistemas estáticos com águas poluidas, sendo que este demonstrou a capacidade de remover 0,439 mg Ag, 0,568 mg Co e 0,544 mg Sr, em forma ionizada, por grama de matéria vegetal seca num período de 24 hs. Portanto 1 ha de aguapé é potencialmente capaz de remover 263,3 g Ag, 340,8 g Co e 326,4 g Sr por dia.

ROQUETE PINTO et alii (1983), realizaram estudos para determinar a capacidade de absorção e concentração de prata da planta

*Eichornia crassipes*, utilizando uma solução de 40 ppm de prata onde o aguapé permaneceu 24 hs, concluindo que a planta remove a média de 10 mg de prata por grama de matéria seca.

WOLVERTON & Mc DONALD (1975a.) demonstraram que o aguapé tem capacidade de remover 0,176 mg de chumbo e 0,150 mg de mercúrio por grama de matéria seca num período de 24 hs, em um sistema estático utilizando água poluída. Assim, um acre de aguapé é potencialmente capaz de remover 105,6 g Pb e 90,0 g Hg por dia. Esta taxa de remoção do metal é baseada na remoção continua das plantas saturadas.

TORNISIELO et alii (1986) estudaram a absorção de mercúrio (Hg) por plantas de aguapé, utilizando mercúrio marcado ( $^{203}\text{Hg}$ ), nas seguintes concentrações 25, 50 e 100 ppb de Hg  $^{+++}$ , em vasos de 8 litros de água. Em cada vaso foram colocados 5 plantas de tamanho médio, que ficaram em contato com uma solução de Hg por 25, 50, 100 e 200 horas. Para cada vaso de 8 litros usou-se 10  $\mu\text{ci}$  de  $^{203}\text{Hg}$  e após os respectivos tempos de contato, as plantas foram retiradas e dissecadas, separando-se folhas, bulbo, pseudo-caule e raízes para análise da concentração de Hg em cintilação sólida. Verificou-se que 93% do Hg absorvido pelas plantas ficou retido nas raízes e que o tempo de 50 hs de contacto apresentou maior taxa de absorção do metal. Os dados obtidos indicam que o aguapé pode ser usado para retirada de Hg da água mesmo em baixas concentrações, com capacidade máxima de retirada de 154,5 g de Hg/ha/dia.

OSTROWSKI et alii (1981), realizaram estudos sobre *Eichornia crassipes*, visando verificar sua capacidade de absorção do chumbo. Verificaram que a planta em 45 hs absorveu 40 ppm de  $\text{Pb}^{++}$  de uma solução de  $\text{Pb}^{++}$  de 100 ppm e 25,5 ppm de uma solução de 30 ppm e que mais de

10% do chumbo total retirado pela planta em 48 hs foi absorvido nas primeiras 6 hs de permanência na solução.

c) Grande eficiência na redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) das águas poluidas. A redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio se deve principalmente a um mecanismo biológico associado ao sistema radicular do aguapé. Esse mecanismo constitui uma especie de simbiose entre a população bacteriana fixado nas raízes e na planta.

Dada a configuração dessas raízes, extremamente ramificadas e pilosas (forma de cabeleira), as mesmas constituem um ótimo substrato para fixação de uma população de bactérias. As bactérias através de seu metabolismo, decompõem os sólidos orgânicos suspensos e dissolvidos na água e os produtos dessa decomposição são parcialmente assimilados, como nutriente pela planta. Esse processo reduz também os maus odores da água poluída. Além disso, por um mecanismo físico, essa configuração propicia uma filtragem mecânica dos sólidos decantáveis, diminuindo a turbidez.

WOLVEROTN (1979), conseguiu obter através de resultados encontrados em experiência de laboratório, taxas quanto ao poder de depuração do aguapé em termos de redução de D.B.O., utilizando água de esgoto bruto. O valor médio encontrado foi de 4,0 mg de D.B.O./grama de aguapé, fresco, para um tempo de residência de 7 dias.

BRUNETTI et alii (1981), em experimento realizado com águas residuárias de uma pequena cidade da Italia, utilizando uma lagoa de 300 m<sup>3</sup> cultivada com aguapé, obtiveram uma redução de 70% da D.B.O. após o efluente passar por essa lagoa.

Estudo realizados pela CESP (1983), sobre a possibilidade do uso do aguapé para despoluição do Rio Pinheiros na cidade de São Paulo,

indicaram que o poder de redução para D.B.O é da ordem de 170 Kg de D.B.O/ha.dia.

d) Outros aspectos de depuração hídrica pelo aguapé. A capacidade de remoção de nutrientes é resultado do crescimento rápido da planta, de reações físico-químicas (organismos que crescem no ecossistema). Segundo WOLVERTON (1975b.), o aguapé de 0,40 ha (1 acre) tem o potencial de remover a produção diária de cerca de 325 indivíduos. Dados semelhantes foram obtidos por ROGERS (1971), que calculou a remoção dos resíduos anuais de nitrogênio e fósforo de cerca de 550 pessoas por um hectare de aguapé no período de 6 meses.

A remoção de Fenóis de águas poluídas, foi estudada entre outros por WOLVERTON (1975b.), em sistemas estáticos, verificando que 2,75 g de peso seco da planta, demonstraram capacidade de absorver 100 mg de fenol em 72 horas; desta forma, um hectare de aguape potencialmente capaz de remover 160 Kg de fenol em 72 horas, de águas poluídas por esse produto.

MOUSSE et alii (1979) efetuaram estudo sobre o tratamento biológico de águas residuais, verificando que o aguapé pode efetuar uma redução significativa de algas e coliformes (além de nutrientes), por absorção em suas raízes, tornando os efluentes limpidos e adequados para serem lançados sem comprometimento do corpo receptor.

SAITO et alii (1982), demonstrou que a taxa de coliformes é também diminuída quando a água passa por tanques de aguapé, sendo a redução da ordem de 77%.

### *2.1.2. Alguns projetos de despoluição hídrica que utilizam o aguape.*

KAWAI e GRIECO (1983), (CETESB), através do projeto "UTILIZAÇÃO DO AGUAPÉ PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS - ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE LAGOAS E ABORDAGEM DE ALGUNS PROCESSOS OPERACIONAIS", concluíram que uma lagoa de aguape, com um hectares pode tratar os esgotos correspondentes a aproximadamente 2.500 habitantes.

SANTOS e LEÃO (1983), (CESP), desenvolveram estudos no Rio Pinheiros-SP, do uso do aguape quanto ao caráter científico e econômico, concluindo que "o tratamento de esgotos por métodos aquáticos que utilizam plantas, pode ser alternativa interessante, principalmente do ponto de vista do custo de implantação para pequenas vilas e cidades.

SALATI e RODRIGUES (1982), desenvolveram sistemas de descontaminação de águas poluídas, utilizando aguape e solos filtrantes plantados com arroz (*Oriza sativa*). O processo tem sido utilizado para tratamento secundário e terciário (as vezes primário) de resíduos urbanos e industriais e como pré-tratamento de rios poluídos e esgotos para alimentação de estações convencionais de tratamento de água. No primeiro trabalho [SALATI e RODRIGUES (1982)], como primeiro passo, utilizaram-se de canais com aguape e subsequentemente solos filtrantes plantados com arroz. Neste processo há uma redução de 90% de D.B.O, quando a D.B.O do efluente varia de 150-200 mg/l.

Em outros sistemas, (SALATI, 1987), a água poluída é filtrada uma vez, duas vezes, ou três vezes pelos solos filtrantes plantados ou não

com arroz. Após este tratamento o efluente passa por um canal de aguapé para o tratamento final. Este sistema tem sido testado especialmente com águas de lavagens de cana em Usina de Açúcar e Álcool, como tratamento final em fábricas de celulose e papel e com indústrias de laminados.

Além desses projetos, outros foram apresentados no simposio "Pesquisas e Aplicações de Plantas Aquáticas para Tratamento de Água e Recuperação de Recursos", realizado em Orlando, Flórida (1986), sendo que os mais importantes são: Aquatic Plants Systems for Water Treatment: Engineering Considerations [Tchobanoglous, G. (1987)]; Water Hyacinth Systems for Water Treatment [HAYES, T.D. et alii, (1987)]; Application of Water Hyacinths for Treatment of Domestic waste Water, Generation of Biogas and Organic Manure [JOGLEKAR, V.R. & SONAR, V.G. (1987)]; Aquatic Plants for Water Treatment in Florida: Prospects and Constraints [THABARAJ, G. J. (1987)].

Atualmente a maior estação de tratamento utilizando aguape encontra-se na Flórida na cidade de Orlando, num local denominado Iron Bridge. Consta de um conjunto de lagoas com 12 ha e é destinada a fazer um tratamento terciário do efluente da estação de tratamento convencional que existe neste local. Esta estação está em funcionamento já há 3 anos e, tem apresentado excelentes reduções, atingindo as especificações da legislação vigente naquele Estado. O aguapé é utilizado para produção de biogás e biofertilizantes.

## 2.2. Solos filtrantes

Pode-se observar na natureza que as águas após passarem por solos sofrem um processo de purificação, sendo que a ação depuradora desses solos é devida à três fatores principais:

a) ação de filtragem mecânica, a qual depende fundamentalmente da estrutura granulométrica do solo e da sua composição química.

b) ação físico-química para retenção de ânions e cations. Esta ação está intimamente ligada com a capacidade de troca catiônica dos solos.

c) ação biológica que pode ser ativa através de quatro mecanismos principais:

c.1) ação dos microorganismos do solo que decompõe a matéria orgânica;

c.2) ação de microorganismos do solo que ativam os processos biogeoquímicos;

c.3) ação de microorganismos do solo sobre microorganismos que existem nas águas poluidas;

c.4) ação das plantas que crescem nos solos e retiram nutrientes ao mesmo tempo em que o sistema radicular melhora as condições físico-químicas do solo.

Para atingir a finalidade de despoluir água, o solo utilizado deverá ter então as seguintes características: possuir alta permeabilidade, ter alta capacidade de troca catiônica e possuir uma alta capacidade microbiológica. As duas primeiras propriedades são geralmente

antagônicas. Quando um solo possui alta permeabilidade normalmente tem baixa capacidade de troca catiônica.

Procurou-se contornar este problema quanto as características do solo através da incorporação de alguns produtos. Os melhores resultados foram obtidos utilizando-se vermiculita expandida. Obteve-se assim um solo com boa permeabilidade e alta capacidade de troca catiônica.

Recentemente além da Edafó-fitodepuração descrito por SALATI (1987), outros sistemas tem sido desenvolvidos, utilizando solos e a atividade do sistema radicular das plantas, com sistemas despoluidores (BOON, 1987).

Alguns sistemas de grande porte já foram instalados entre os quais destaca-se a "GSX Land Treatment Facility" instalado em Iberville Papish, Louisiana, U.S.A. Trata-se de uma estação de tratamento de 388 hectares e com aplicações do efluente no solo à 30 cm de profundidade e sistemas de drenagem.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

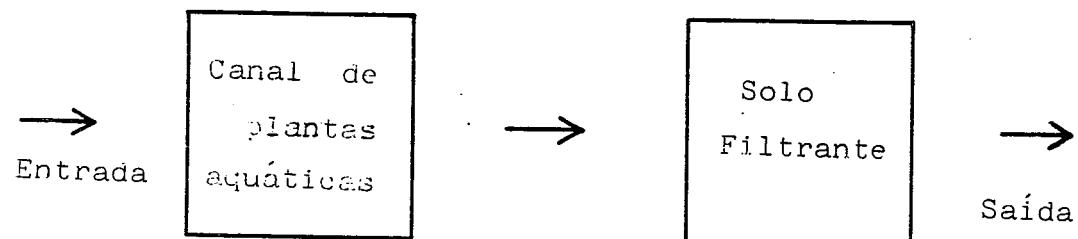
#### 3.1. Local de estudo

Este estudo foi desenvolvido nas Terras do Engenho Central à margem direita do Rio Piracicaba, junto a área central da cidade de Piracicaba (latitude 22°42' 30" S; longitude 47°38'00" W; altitude 540m).

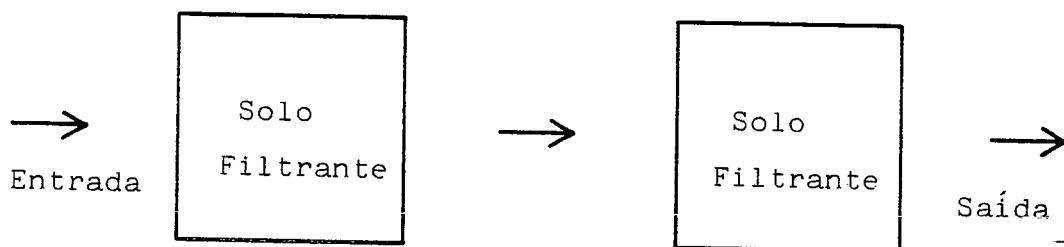
#### 3.2. Descrição dos sistemas de despoluição

Foram implantados nesse local, dois sistemas de despoluição:

a) Um sistema que consta de canais cultivados com plantas aquáticas e um canteiro de solos filtrantes, o qual fora construído pela Prefeitura Municipal de Piracicaba e pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), e que já se encontra em operação experimental desde 1984.



b) Um sistema formado por 2 módulos de solos filtrantes consecutivos.



### *3.2.1. Sistema I- canais cultivados com plantas aquáticas e solos filtrantes.*

- Canais de plantas aquáticas: os canais de plantas aquáticas foram cultivados com aguapé. Foram construídos 3 canais em paralelo, ligados em série por 2 lagoas de aeração, onde cultivou-se *Elodea densa* e *Vallisneria gigantea*. Cada canal têm as seguintes dimensões: 0,7 m de profundidade, 15 m de largura e 96 m de comprimento, totalizando uma área de 4.320 m<sup>2</sup>. As lagoas de aeração têm aproximadamente 250 m<sup>2</sup> cada (Figura 3).

O controle da vazão de entrada neste sistema foi realizado através de uma comporta e a media da vazão foi feita através de uma calha "PARSHALL" de 9". Após a instalação desta calha "PARSHALL" foi feita a calibração da mesma.

- Canteiro de solos filtrante: o canteiro de solo filtrante tem 53 m de comprimento e 38 m de largura, totalizando uma área de 2014 m<sup>2</sup> (Figura 3). Este canteiro possui um sistema de drenagem constituído de: tubos de PVC perfurado de 100 mm de diâmetro assentados de 2,00 m em 2,00 m em valas de 40cm de profundidade. Estas valas são preenchidas com brita 1. Sobre a superfície total existe uma camada de 15 cm de pedrisco e 20 cm de solo. (Fig. 4). Este solo foi composto de terra, a qual foi retirada de uma camada de 0-30 cm de um LATOSOLO vermelho-amarelo da região de Piracicaba, e vermiculita na proporção de 20% do volume total da mistura.

O controle da vazão de entrada da água neste canteiro foi realizada através de uma calha "Parshall" de 6". Posteriormente calibrada.

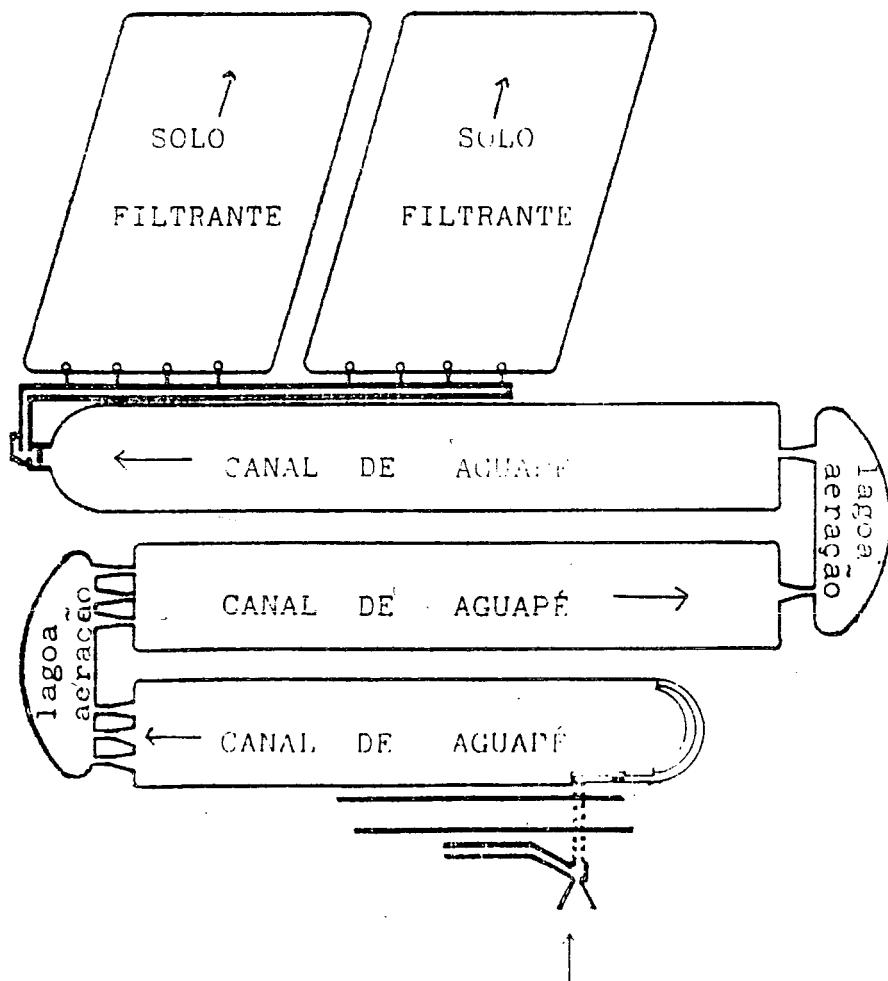


Figura 3: Sistema de despoluição hídrica, utilizando canal plantas aquáticas e solos filtrantes.

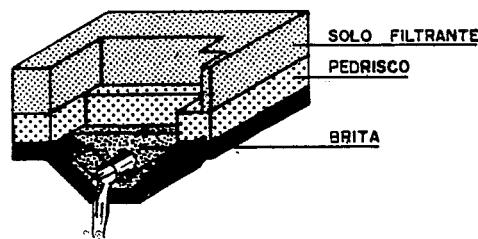


Figura 4: Detalhe do sistema de drenagem dos solos filtrantes.

### *3.2.2. Sistema II -solos filtrantes consecutivos*

Foram construidos 2 módulos com 2 canteiros de solos filtrantes cada um com uma área de 410 m<sup>2</sup>. (Fig. 5)

Seu sistema de drenagem é semelhante ao já citado (Figura 2). A vazão de entrada foi controlada através da instalação de um vertedor triangular na entrada do sistema (Figura 6).

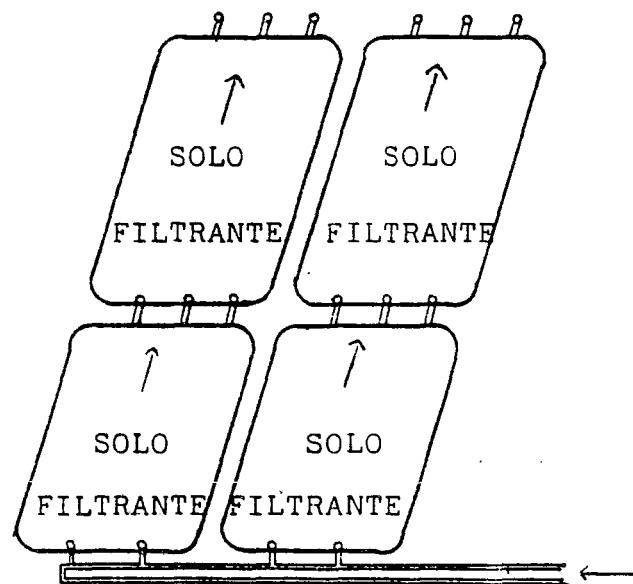
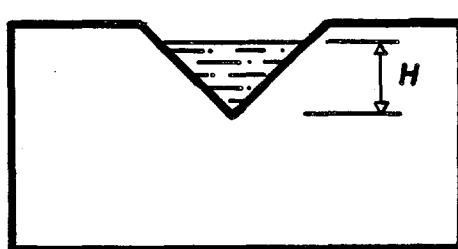


Figura 5: Sistema de despoluição hídrica utilizando solos filtrantes consecutivos.



$$Q = 1,4 H^{5/2}$$

onde:

$Q$  = vazão  
 $H$  = altura d'água  
 medida no vertedor

Figura 6: Detalhe do vertedor triangular.

### 3.3. Metodologia

#### 3.3.1 Manejo dos sistemas

##### 3.3.1.1 Sistema I - canal com aguapé-solo filtrante

Durante todo experimento (Junho/86 a Junho/87), a vazão de entrada no canal de aguape foi mantida à 40 l/s (93 l/s/ha), sendo que o tempo de residência da água no canal foi de 27.5 horas.

Em outubro/86, houve retirada de aguapé da ordem de 10% da massa total. Esse manejo foi realizado manualmente. Parte da agua que saia do canal de aguape era desviada para o Rio Piracicaba, sendo que somente 20 l/s (99 l/s/ha) alimentava o canteiro de solo filtrante. Em outubro/86, o fluxo de água no canteiro de solo filtrante foi interrompido por 21 dias para plantio do arroz. Escolheu-se a variedade IAC 44/40.

##### 3.3.1.2 Sistema de solos filtrantes consecutivos

Os testes preliminares demonstraram que seria possível manter-se um fluxo equivalente a 50 l/s/ha com uma carga hidráulica sobre o solo filtrante de 10 cm. Em vista disso foi mantido um fluxo constante durante toda fase de desenvolvimento do arroz da ordem de 2 l/s/módulo (49 l/s/ha).

A manutenção da lâmina de água constante foi btida

mantendo-se uma carga hidráulica nos canos de saída, instalando-se canos na posição invertida na saída do sistema de drenagem.

### *3.3.2. Sistema de coletas de água*

As coletas de água foram sistemáticas durante o período de 23 de junho/86 à 11 de junho/87. A metodologia utilizada foi a de uma amostragem simples diária, efetuada durante 5 dias consecutivos e repetidas à cada 15 dias.

Os pontos de coleta foram 4 (Figura 7), sendo que em cada ponto foram coletadas 4 amostras de 1 litro de água cada. Destes 4 litros d'água, 1,5 litros era enviado ao SEMAE onde foram analisados os parâmetros: cor, turbidez, coliformes totais e coliformes fecais, 1,5 litros era destinado à análise de D.B.O; e 1 litro à análise química completa.

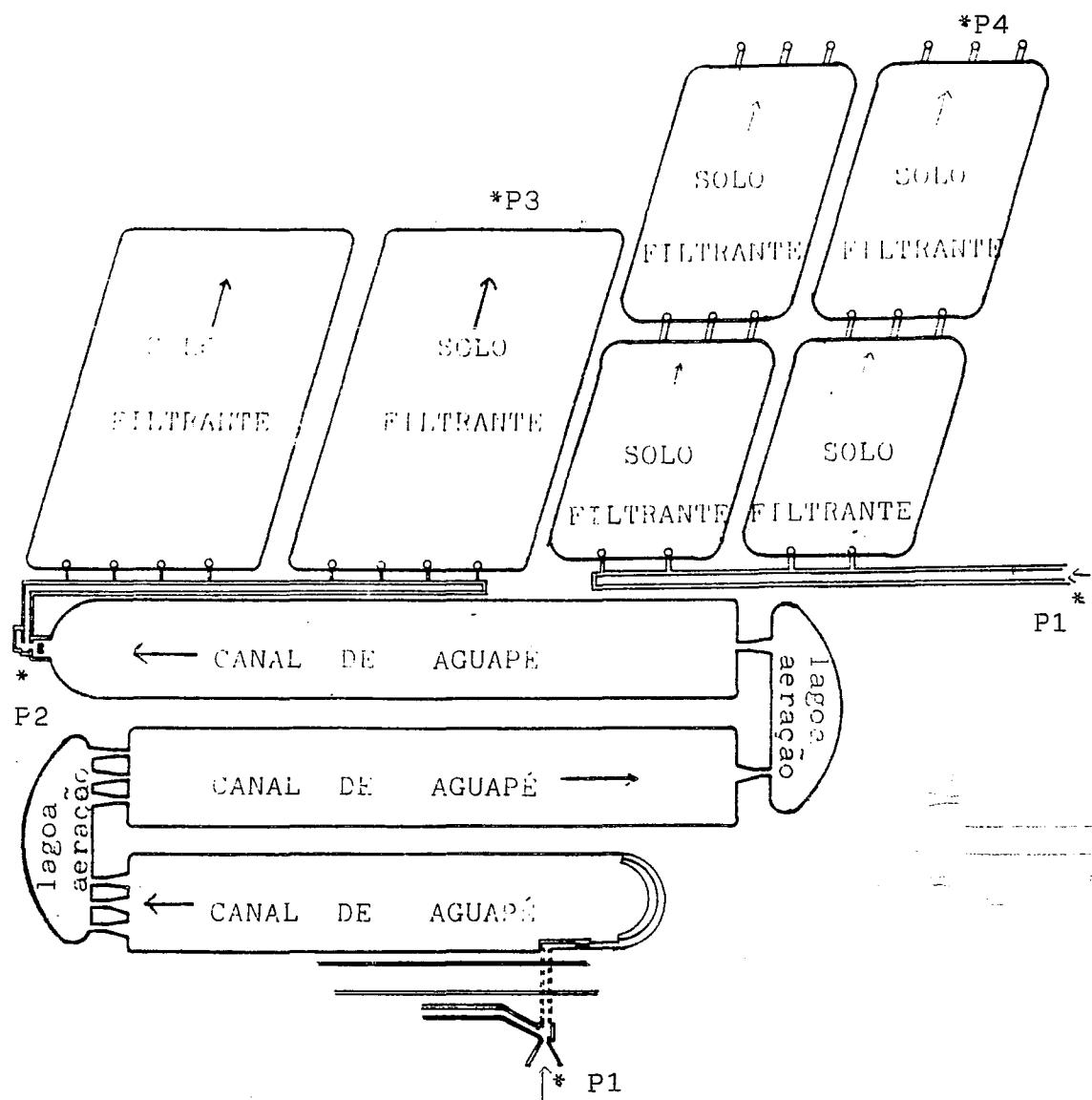


Figura 7: Localização dos pontos de coleta.

### *3.3.3. Pâmetros analisados*

Demanda Bioguímica de Oxigênio (D.B.O.) : definido como a quantidade de oxigênio requerido pelas bactérias decompositoras para estabilizar a matéria orgânica disponível na água, em condições aeróbicas. Sua determinação foi realizada pelo método da diluição e incubação (20 °C, 5 dias) ( CETESB-Normalização Técnica de Saneamento Ambiental -L5-120). Sua determinação é feita através da diferença entre as concentrações, no inicio e no final do periodo da incubação ( para que ocorra a oxidação da matéria orgânica) da amostra de cinco dias à 20°C, dado pela seguinte expressão.

$$\text{DBO}_5 = \frac{\text{ODI} - \text{ODF}}{\text{V. amostra}} \times 100$$

$$\text{D.B.O}_5 = (\text{mg/l})$$

O.D.I. = Oxigênio Dissolvido Inicial (antes da incubação)

O.D.F. = Oxigênio Dissolvido Final (após 5 dias de incubação)

Coliformes totais e fecais: A determinação do numero mais provável de coliformes totais e fecais, foi feita pela tecnica dos tubos múltiplos (CETESB-Normalização Técnica de Saneamento Ambiental-

Cor: O método utilizado para a determinação da cor foi o da comparação visual, onde a amostra é comparada com soluções padrões de cor (CETESB- Normalização Técnica de Saneamento Ambiental-L5-117).

Turbidez: A determinação da turbidez na água foi realizada pelo método nefelométrico (CETESB- Normalização Técnica de Saneamento Ambiental-L5-156).

Compostos nitrogenados: (nitrato, amônia e nitrito), foram determinados por análise química em fluxo contínuo.

Outros: bário, zinco, cadmio, cromo, cobre, chumbo, sulfato, cloro, cálcio, potássio, magnésio, manganês, sódio e silício foram determinados em plasma de argônio.

### 3.3.4. Calibração das calhas "PARSHALL" de 6" e 9"

O procedimento da calibração das calhas "PARSHALL" de 6" e 9" foi o seguinte:

Mediu-se a largura da garganta da calha, onde é feita a leitura do nível da água, e dividiu-se essa largura em 3 secções. Variou-se a altura da água, nesta garganta, de 6 a 20 cm, e para cada altura da água calculou-se a velocidade nas 3 secções. A velocidade foi medida através de um molinete tipo "GURLEY", e da seguinte expressão:

$$V = 0.3 N + 0.604, \text{ onde } N \text{ é igual ao número de rotações por minuto dada pelo molinete.}$$

Através do produto da medida da secção pela velocidade (área da secção  $\times$  velocidade) obteve-se a vazão média para cada altura da água. Através destes pares de dados (altura  $\times$  vazão), foi obtido uma curva.

Esta curva observada, foi comparada com a curva teórica que se encontra no Manual de Hidráulica (NETO, AZEVEDO), verificando-se que as calhas estavam nos fornecendo medidas exatas da vazão de operação dos sistemas.

Nos figuras 8 e 9 , observamos as curvas teóricas e os pontos observados na calibração das calhas "PARSHAL" de 6" e 9", respectivamente.

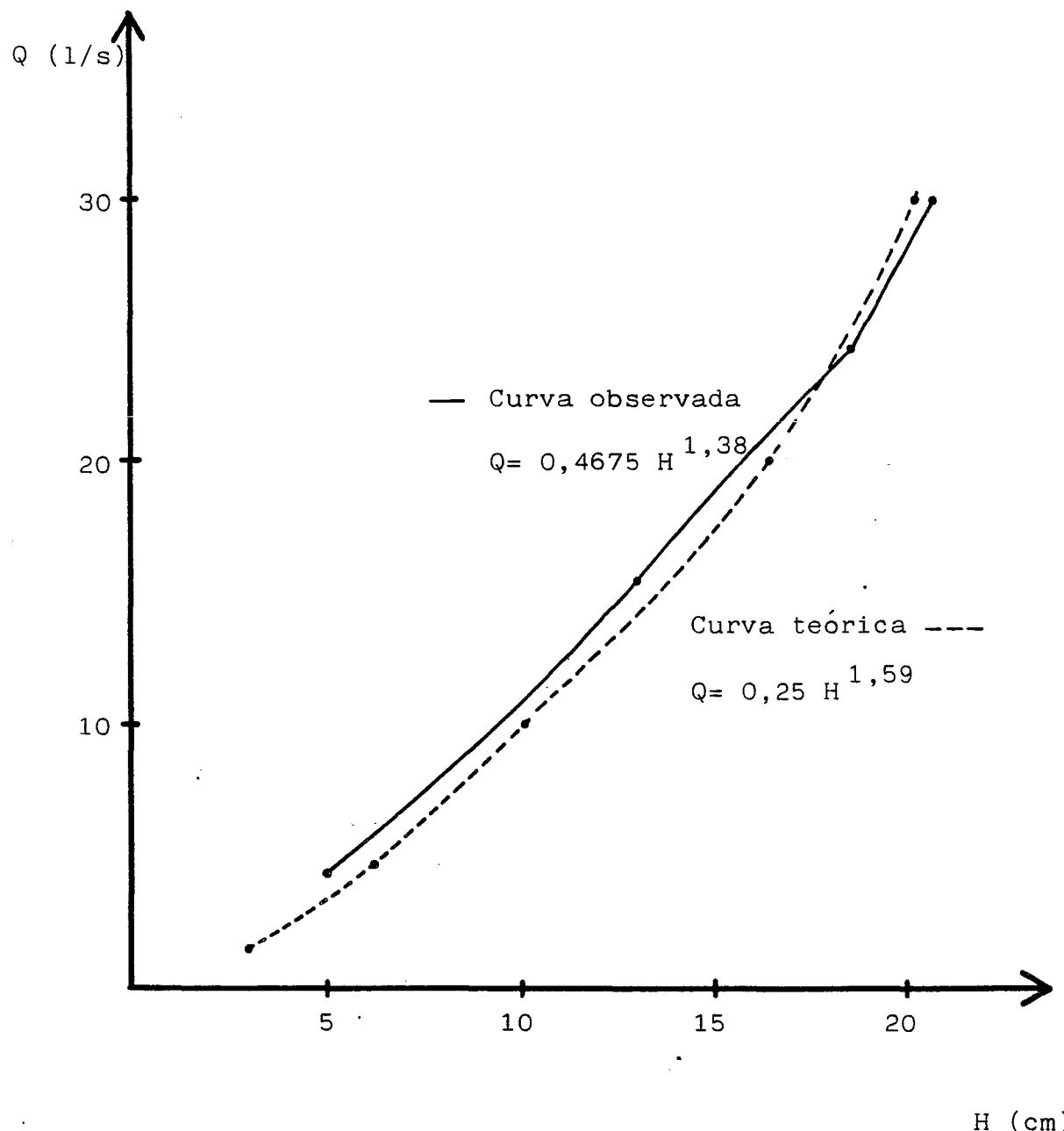


Figura 8: Curva teórica e curva observada na calibração da calha "PARSHALL" de 6".

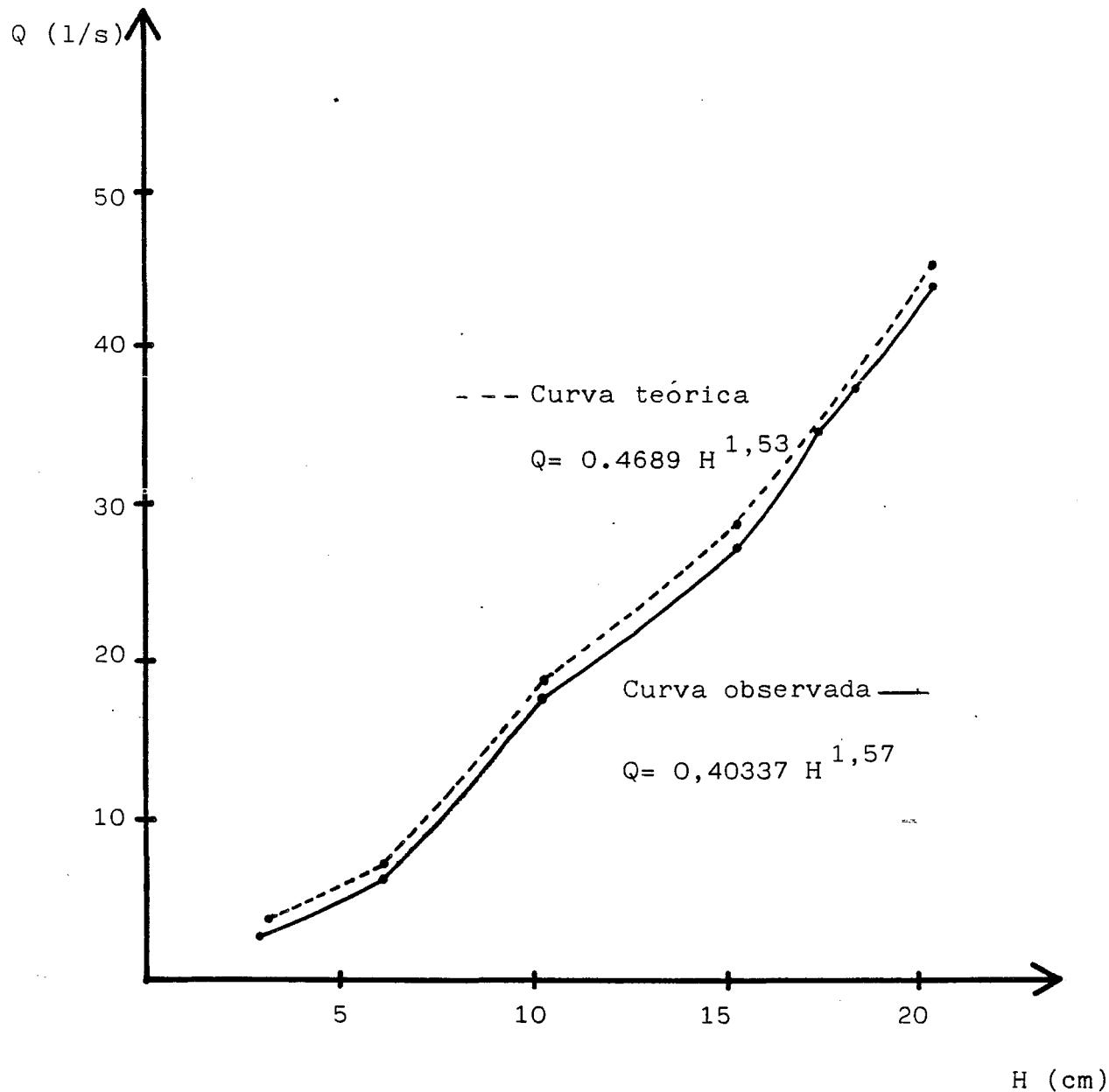


Figura 9: Curva teórica e curva observada na calibração da calha "PARSHALL" de 9".

#### 4. RESULTADOS

Os dados dos parâmetros estudados nas diversas etapas de purificação da água, encontram-se resumidos nas tabelas 1 a 24, com exceção do níquel, prata, boro e nitrito, pois as concentrações desses parâmetros, em nenhuma amostragem, excederam os limites mínimos de detecção do método utilizado.

Esses limites mínimos são os seguintes:

- para o níquel : <0.02mg/l
- para a prata : <0.05mg/l
- para o boro : <0.02mg/l
- para o nitrito :<0.01mg/l

**TABELA 1.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Junho/1986.**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aguapé P2	Canal aguapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	5.54	0.92	83.4	0.69	25	87.5
Coli fecal (nmp)	93000	1500	98.4	2300	-53.3	97.5
Coli total (nmp)	430000	23000	94.7	23000	0.00	94.7
Turbidez (FTU)	16.4	4.2	74.4	2.7	35.71	83.5
Cor (ppm PtCo)	56	33	41.1	16	51.52	71.4
Nitrato (mg/l)	0.27	1.15	-325.9	0.73	36.5	-170.4
N-ammoniacal (mg/l)	1.59	<0.20	>87.4	<0.20	-	>87.4
Bário (mg/l)	0.28	0.35	-25.0	0.30	14.3	-7.1
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Cromo (mg/l)	0.06	0.05	16.7	0.06	-20.0	0.0
Zinco (mg/l)	0.04	<0.02	>50.0	<0.02	-	>50.0
Sulfato (mg/l)	29.73	30.37	-2.2	32.02	-5.43	-7.7
Fósforo (mg/l)	0.19	0.11	42.1	0.12	-9.09	36.8
Cloro (mg/l)	23.27	22.65	2.7	22.9	-1.10	1.6
Alumínio (mg/l)	0.48	0.28	41.7	0.26	7.14	45.8
Cálcio (mg/l)	10.06	9.46	6.0	10.1	-6.77	-0.4
Ferro (mg/l)	1.06	0.34	67.9	0.07	79.41	93.4
Potássio (mg/l)	4.19	3.94	6.0	4.17	-5.84	0.5
Magnésio (mg/l)	3.02	2.43	19.5	2.93	-20.58	3.0
Manganês (mg/l)	0.21	0.02	90.5	0.01	50.00	95.2
Sódio (mg/l)	32.34	31.54	2.5	31.13	1.30	3.7
Silício (mg/l)	5.53	5.2	6.0	4.69	9.81	15.2

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 2.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Julho/1986**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aguapé P2	Canal aguapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	4.36	0.83	81.0	0.69	16.9	84.2
Coli fecal (nmp)	39000	<30	>99.9	36	-20.0	99.9
Coli total (nmp)	75000	4300	94.3	160	96.3	99.8
Turbidez (FTU)	12.3	3	75.6	1.5	50.0	87.8
Cor (ppm PtCo)	50	26	48.0	25	3.6	50.0
Nitrato (mg/l)	0.59	1.06	-79.7	1.23	-16.0	-108.5
N-amoniacial (mg/l)	1.64	<0.20	>87.8	<0.20	-	>87.4
Bário (mg/l)	0.23	0.19	17.4	0.18	5.3	21.7
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	0.02	<0.02	-	0.02	-	0.0
Sulfato (mg/l)	28.65	28.46	0.7	29.15	-2.4	-1.7
Fósforo (mg/l)	0.16	<0.10	>37.5	<0.10	-	>37.5
Cloro (mg/l)	21.49	23.15	-7.7	22.13	4.4	-3.0
Alumínio (mg/l)	0.47	0.2	57.4	0.13	35.0	72.3
Cálcio (mg/l)	9.2	9.34	-1.5	9.61	-2.9	-4.5
Ferro (mg/l)	0.68	0.18	73.5	0.04	77.8	94.1
Potássio (mg/l)	4.26	3.88	8.9	4.64	-19.6	-8.9
Magnésio (mg/l)	2.22	2.24	-0.9	3.01	-34.4	-35.6
Manganês (mg/l)	0.06	<0.01	>83.3	<0.01	-	>83.3
Sódio (mg/l)	29.68	30.94	-4.2	30.89	0.2	-4.1
Silício (mg/l)	5.14	4.72	8.2	4.33	8.3	15.8

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 3.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Agosto/1986**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada	Canal aguapé	Canal aguapé *	filtrante	Solo filtrante *	do sistema @
	P1	P2		P3		
D.B.O. (mg/l)	6.43	2.74	57.4	0.68	75.2	89.4
Coli fecal (nmp)	430000	67	99.9	<30	>55.2	>99.9
Coli total (nmp)	1.2E+07	2300	99.9	1290	43.9	99.9
Turbidez (FTU)	11.62	2.25	80.6	1.55	31.1	86.7
Cor (ppm PtCo)	73	36	50.7	26	27.8	64.4
Nitrato (mg/l)	0.22	0.95	-331.8	0.63	33.7	-186.4
N-nomiacal (mg/l)	2.20	<0.20	>90.9	<0.20	-	>90.9
Bório (mg/l)	0.08	0.05	37.5	0.05	0.0	37.5
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Sulfato (mg/l)	32.11	33.45	-4.2	34.55	-3.3	-7.6
Fósforo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cloro (mg/l)	25.33	27.5	-8.6	24.65	10.4	2.7
Alumínio (mg/l)	0.36	0.14	61.1	0.11	21.4	69.4
Cálcio (mg/l)	9.95	9.93	0.2	10.93	-10.1	-9.8
Ferro (mg/l)	0.77	0.22	71.4	0.06	72.7	92.2
Potássio (mg/l)	4.33	3.9	9.9	4.02	-3.1	7.2
Magnésio (mg/l)	2.34	2.3	1.7	2.58	-12.2	-10.3
Manganês (mg/l)	0.13	<0.01	>92.3	<0.01	-	>92.3
Sódio (mg/l)	33.47	32.91	1.7	32.38	1.6	3.3
Silício (mg/l)	5.97	5.45	8.7	5	8.3	16.2

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 4.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem : Setembro/1986**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aguapé P2	Canal aguapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	6.01	1.58	73.7	0.87	44.9	85.5
Coli fecal (nmp)	930000	36	99.9	<30	>16.6	>99.9
Coli total (nmp)	930000	290	99.9	120	58.6	99.9
Turbidez (FTU)	15.5	2.15	86.1	0.74	65.6	95.2
Cor (ppm PtCo)	80	25	68.8	10	60.0	87.5
Nitrato (mg/l)	0.22	2.76	-1154.5	-	-	-
N-amoniacal (mg/l)	2.58	0.99	61.6	-	-	-
Bório (mg/l)	0.10	0.09	10.0	-	-	-
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	-	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	-	-	-
Cobre (mg/l)	0.03	0.03	0.0	-	-	-
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	-	-	-	-
Zinco (mg/l)	<0.02	<0.02	-	-	-	-
Sulfato (mg/l)	20.71	18.49	10.7	-	-	-
Fósforo (mg/l)	0.18	<0.10	>44.4	-	-	-
Cloro (mg/l)	27.68	27.29	1.4	-	-	-
Alumínio (mg/l)	0.76	0.26	65.8	-	-	-
Cálcio (mg/l)	11.55	11.23	2.8	-	-	-
Ferro (mg/l)	1.32	0.55	58.3	-	-	-
Potássio (mg/l)	5.85	5.3	9.4	-	-	-
Magnésio (mg/l)	2.69	2.67	0.7	-	-	-
Manganês (mg/l)	0.17	0.12	29.4	-	-	-
Sódio (mg/l)	42.81	42.44	0.9	-	-	-
Silício (mg/l)	5.91	5.46	7.6	-	-	-

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 5.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Outubro/1986**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada	Canal aguapé	Canal aguapé *	filtrante	Solo filtrante *	do sistema @
	P1	P2		P3		
D.B.O. (mg/l)	6.51	2.49	61.8	-	-	-
Coli fecal (nmp)	126500	561	99.6	-	-	-
Coli total (nmp)	1365000	16150	98.8	-	-	-
Turbidez (FTU)	17.45	2.82	83.8	-	-	-
Cor (ppm PtCo)	57	40	29.8	-	-	-
Nitrato (mg/l)	-	-	-	-	-	-
N-amoniacial (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Bário (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Cadmio (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Chumbo (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Cromo (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Zinco (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Sulfato (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Fósforo (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Cloro (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Alumínio (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Cálcio (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Ferro (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Potássio (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Magnésio (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Manganês (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Sódio (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Silício (mg/l)	-	-	-	-	-	-

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 6.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aquapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Novembro/1986**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada	Canal aquapé	Canal aquapé *	filtrante	Solo filtrante *	do sistema @
	P1	P2		P3		
D.B.O. (mg/l)	5.23	2.13	59.3	0.93	56.3	82.2
Coli fecal (nmp)	4300	930	78.4	64	93.1	98.5
Coli total (nmp)	430000	110000	74.4	440	99.6	99.9
Turbidez (FTU)	12.65	4.73	62.6	3.05	35.5	75.9
Cor (ppm PtCo)	63	53	15.9	31	41.5	50.8
Nitrato (mg/l)	0.37	0.03	91.9	0.77	-2466.7	-108.1
N-ammoniacal (mg/l)	1.74	0.80	54.0	0.20	>75.0	>88.5
Bártio (mg/l)	0.13	0.07	46.2	0.05	28.6	61.5
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	0.03	0.02	33.3	0.03	-50.0	0.0
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Sulfato (mg/l)	17.71	17.65	0.3	18.77	-6.3	-6.0
Fósforo (mg/l)	0.27	0.16	40.7	0.10	>37.5	>63.0
Cloro (mg/l)	26.27	29.11	-10.8	28.8	1.1	-9.6
Alumínio (mg/l)	0.45	0.25	44.4	0.29	-16.0	35.6
Cálcio (mg/l)	11.12	12.13	-9.1	11.97	1.3	-7.6
Ferro (mg/l)	0.89	0.09	89.9	0.1	-11.1	88.8
Potássio (mg/l)	7.03	6.28	10.7	6	4.5	14.7
Magnésio (mg/l)	2.8	2.86	-2.1	3.69	-29.0	-31.8
Manganês (mg/l)	0.18	0.01	94.4	<0.01	-	>94.4
Sódio (mg/l)	41.87	42.6	-1.7	32.51	23.7	22.4
Silício (mg/l)	5.31	5.34	-0.6	5.46	-2.2	-2.8

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 7.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem : Dezembro/1986**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada	Canal aguapé	Canal aguapé *	filtrante	Solo filtrante *	do sistema @
	P1	P2		P3		
D.B.O. (mg/l)	4.9	2.25	54.1	1.33	40.9	72.9
Coli fecal (nmp)	23000	1500	93.5	210	86.0	99.1
Coli total (nmp)	2300000	230000	90.0	23000	90.0	99.0
Turbidez (FTU)	128.6	63.25	50.8	26.85	57.5	79.1
Cor (ppm PtCo)	287	120	58.2	63	30.8	71.1
Nitrato (mg/l)	0.52	0.21	59.6	0.21	0.0	59.6
N-ammoniacal (mg/l)	0.48	0.25	47.9	<0.20	>20.0	>58.3
Bário (mg/l)	0.07	0.03	57.1	0.03	0.0	57.1
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	0.02	0.02	0.0	0.02	0.0	0.0
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	0.04	<0.02	>50.0	<0.02	-	>50.0
Sulfato (mg/l)	11.29	3.39	70.0	19.06	-462.2	-68.8
Fósforo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cloro (mg/l)	6.46	4.32	33.1	7.65	-77.1	-18.4
Aluminio (mg/l)	1.12	0.3	73.2	0.24	20.0	78.6
Cálcio (mg/l)	5.94	3.87	34.8	8.12	-109.8	-36.7
Ferro (mg/l)	2.44	1	59.0	0.13	87.0	94.7
Potássio (mg/l)	3.6	2.65	26.4	3.96	-49.4	-10.0
Magnésio (mg/l)	1.91	1.16	39.3	2.03	-75.0	-6.3
Manganês (mg/l)	0.14	0.07	50.0	0.01	85.7	92.9
Sódio (mg/l)	9.64	5.43	43.7	14.97	-175.7	-55.3
Silício (mg/l)	4.84	2.61	46.1	4.57	-75.1	5.6

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 8.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Janeiro/1987**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aguapé P2	Canal aguapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	3.90	2.53	35.1	2.78	-9.9	28.7
Coli fecal (nmp)	379650	510	99.9	<30	>94.1	>99.9
Coli total (nmp)	1165000	8650	99.3	1187	86.3	99.9
Turbidez (FTU)	129	45.18	65.0	3.48	92.3	97.3
Cor (ppm PtCo)	390	189	51.5	37	80.4	90.5
Nitrato (mg/l)	0.47	<0.10	>78.8	<0.10	-	>78.7
N-ammoniacal (mg/l)	0.31	0.20	35.5	<0.20	-	>35.5
Bário (mg/l)	0.08	0.05	37.5	0.04	20.0	50.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	0.03	<0.02	>33.3	<0.02	-	>33.3
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	0.03	<0.02	>33.3	<0.02	-	>33.3
Sulfato (mg/l)	11.78	11.16	5.3	7.56	32.3	35.8
Fósforo (mg/l)	0.12	<0.10	>16.7	<0.10	-	>16.7
Cloro (mg/l)	6.33	5.62	11.2	5.76	-2.5	9.0
Alumínio (mg/l)	0.94	0.34	63.8	0.19	44.1	79.8
Cálcio (mg/l)	6.59	6.4	2.9	10.57	-65.2	-60.4
Ferro (mg/l)	4.41	1.66	62.4	0.21	87.3	95.2
Potássio (mg/l)	3.87	3.19	17.6	3.67	-15.0	5.2
Magnésio (mg/l)	2.15	2.04	5.1	2.66	-30.4	-23.7
Manganês (mg/l)	0.14	0.1	28.6	0.64	-540.0	-357.1
Sódio (mg/l)	9.31	7.68	17.5	9.31	-21.2	0.0
Silício (mg/l)	5.86	4.97	15.2	5.35	-7.6	8.7

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 9.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aquapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Fevereiro/1987**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aquapé P2	Canal aquapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Coli fecal (nmp)	9300	930	90.0	<30	>96.7	>99.7
Coli total (nmp)	230000	2300	99.0	2300	0.0	99.0
Turbidez (FTU)	104.5	38.7	63.0	4.7	87.9	95.5
Cor (ppm PtCo)	317	152	52.1	33	78.3	89.6
Nitrato (mg/l)	1.35	0.8	40.7	1.55	-93.8	-14.8
N-ammoniacal (mg/l)	0.27	<0.20	>25.9	<0.20	-	>25.9
Bário (mg/l)	0.04	0.03	25.0	0.02	33.3	50.0
Cádmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	0.04	<0.02	>50.0	0.05	>150.0	-25.0
Sulfato (mg/l)	9.54	5.17	45.8	1.6	69.1	83.2
Fósforo (mg/l)	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
Cloro (mg/l)	3.5	3.45	1.4	3.12	9.6	10.9
Alumínio (mg/l)	2.01	0.49	75.6	0.22	55.1	89.1
Cálcio (mg/l)	4.64	4.23	8.8	5.74	-35.7	-23.7
Ferro (mg/l)	3.11	0.8	74.3	0.37	53.8	88.1
Potássio (mg/l)	2.72	1.9	30.1	1.55	18.4	43.0
Magnésio (mg/l)	1.79	1.46	18.4	4.2	-187.7	-134.6
Manganês (mg/l)	0.17	0.02	88.2	0.37	-1750.0	-117.6
Sódio (mg/l)	7.15	6.25	12.6	5	20.0	30.1
Silício (mg/l)	4.4	3.6	18.2	1.4	61.1	68.2

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 10.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Março/1987**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aguapé P2	Canal aguapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	3.75	2.14	42.9	1.27	40.7	66.1
Coli fecal (nmp)	-	-	-	230	-	-
Coli total (nmp)	430000	43000	90.0	4300	90.0	99.0
Turbidez (FTU)	87	16.4	81.1	2.3	86.0	97.4
Cor (ppm PtCo)	324	71	78.1	41	42.3	87.3
Nitrato (mg/l)	0.54	0.13	75.9	0.25	-92.3	53.7
N-ammoniacal (mg/l)	0.32	<0.20	>37.5	<0.20	-	>37.5
Bório (mg/l)	0.05	0.04	20.0	0.03	25.0	40.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	0.13	<0.10	>23.1	<0.10	-	>23.1
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	0.04	<0.02	>50.0	0.05	>-150.0	-25.0
Sulfato (mg/l)	3.01	7.4	-145.8	8.2	-10.8	-172.4
Fósforo (mg/l)	0.13	<0.10	>23.1	<0.10	-	>23.1
Cloro (mg/l)	6.85	6.32	7.7	7.47	-18.2	-9.1
Alumínio (mg/l)	1.23	0.31	74.8	0.16	48.4	87.0
Cálcio (mg/l)	5.39	5.65	-4.8	7.93	-40.4	-47.1
Ferro (mg/l)	2.18	0.67	69.3	1.38	-106.0	36.7
Potássio (mg/l)	3.02	2.68	11.3	2.77	-3.4	8.3
Magnésio (mg/l)	1.84	2.07	-12.5	2.33	-12.6	-26.6
Manganês (mg/l)	0.12	0.03	75.0	0.34	-1033.3	-183.3
Sódio (mg/l)	7.77	10.16	-30.8	11.92	-17.3	-53.4
Silício (mg/l)	5.59	4.91	12.2	5	-1.8	10.6

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 11.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Abril/1987**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aguapé P2	Canal aguapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	3.10	1.35	56.5	1.23	8.9	60.3
Coli fecal (nmp)	43000	230	99.5	-	-	-
Coliforme total (nmp)	2300000	4300	99.8	23000	-434.9	99.0
Turbidez (FTU)	29	1.9	93.4	1.4	26.3	95.2
Cor (ppm PtCo)	88	23	73.9	20	13.0	77.3
Nitrato (mg/l)	0.65	0.26	60.0	0.19	26.9	70.8
N-ammoniacal (mg/l)	0.42	<0.20	>95.2	<0.20	-	>95.2
Bário (mg/l)	0.05	0.05	0.0	0.03	40.0	40.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Cromo (mg/l)	0.05	0.05	-	0.05	0.0	0.0
Zinco (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Sulfato (mg/l)	12.6	11.42	9.4	13.61	-19.2	-8.0
Fósforo (mg/l)	0.11	0.12	-9.1	0.1	16.7	9.1
Cloro (mg/l)	11.64	11.75	-0.9	11.52	2.0	1.0
Alumínio (mg/l)	0.38	0.16	57.9	0.15	6.3	60.5
Cálcio (mg/l)	6.61	6.72	-1.7	6.16	8.3	6.8
Ferro (mg/l)	1.18	0.19	83.9	0.07	63.2	94.1
Potássio (mg/l)	3.74	3.72	0.5	3.2	14.0	14.4
Magnésio (mg/l)	2.15	2.26	-5.1	1.82	19.5	15.3
Manganês (mg/l)	0.09	0.03	66.7	0.14	-366.7	-55.6
Sódio (mg/l)	16.28	19.11	-17.4	15.53	18.7	4.6
Silício (mg/l)	5.76	5.53	4.0	5.3	4.2	8.0

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 12.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Maio/1987**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficácia (%)
	Entrada	Canal aguapé	Canal aguapé *	filtrante	Solo filtrante *	do sistema @
	P1	P2		P3		
D.B.O. (mg/l)	4.9	1.11	77.3	1.01	9.0	79.4
Coli fecal (nmp)	430000	110	99.9	<30	>72.7	>99.9
Coli total (nmp)	2.3E+07	9300	99.9	2100	77.4	99.9
Turbidez (FTU)	140	31	77.9	3.2	89.7	97.7
Cor (ppm PtCo)	590	93	84.2	33	64.5	94.4
Nitrato (mg/l)	0.49	0.19	61.2	0.04	78.9	91.8
N-ammoniacal (mg/l)	<0.20	<0.20	-	<0.20	-	-
Bário (mg/l)	0.10	0.05	50.0	0.03	40.0	70.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	0.23	<0.10	>56.5	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-	<0.02	-	-
Cromo (mg/l)	0.06	0.05	16.7	<0.05	-	>16.6
Zinco (mg/l)	0.06	0.04	33.3	<0.02	>50.0	>66.7
Sulfato (mg/l)	10.73	8.25	23.1	10.91	-32.2	-1.7
Fósforo (mg/l)	0.19	<0.10	>47.4	<0.10	-	>47.4
Cloro (mg/l)	7.01	7.12	-1.6	6.89	3.2	1.7
Alumínio (mg/l)	2.49	0.45	81.9	0.26	42.2	89.6
Cálcio (mg/l)	7.04	6.46	8.2	6.16	4.6	12.5
Ferro (mg/l)	4.43	0.53	88.0	0.12	77.4	97.3
Potássio (mg/l)	4.33	4.27	1.4	3.77	11.7	12.9
Magnésio (mg/l)	2.62	2.14	18.3	1.91	10.7	27.1
Manganês (mg/l)	0.27	0.01	96.3	0.2	-1900.0	25.9
Sódio (mg/l)	10.72	9.51	11.3	9.87	-3.8	7.9
Silício (mg/l)	7.43	4.99	32.8	4.89	2.0	34.2

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 13.Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema aguapé-solo filtrante.**  
**Período de amostragem: Junho/1987**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)	Saída solo	Eficiência (%)	Eficiência (%)
	Entrada P1	Canal aguapé P2	Canal aguapé *	filtrante P3	Solo filtrante *	do sistema @
D.B.O. (mg/l)	5.05	2.33	53.9	2.11	9.4	58.2
Coli fecal (nmp)	230000	36	99.9	36	0.0	99.9
Coli total (nmp)	430000	430	99.9	230	46.5	99.9
Turbidez (FTU)	40.5	7.5	81.5	2.2	70.7	94.6
Cor (ppm PtCo)	138	50	63.8	18	64.0	87.0
Nitrito (mg/l)	0.24	0.33	-37.5	0.32	3.0	-33.3
N-ammoniacal (mg/l)	0.53	<0.20	>62.3	<0.20	>0.0	>62.2
Bário (mg/l)	0.06	0.05	16.7	0.03	40.0	50.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Cobre (mg/l)	0.02	0.02	0.0	0.02	0.0	0.0
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	0.03	<0.02	>33.3	<0.02	-	>33.3
Sulfato (mg/l)	13.68	13.16	3.8	13.65	-3.7	0.2
Fósforo (mg/l)	0.15	<0.10	>33.3	<0.10	-	>33.3
Cloro (mg/l)	8.81	8.96	-1.7	9.23	-3.0	-4.8
Alumínio (mg/l)	0.58	0.43	25.9	0.37	14.0	36.2
Cálcio (mg/l)	6.13	6.27	-2.3	6.52	-4.0	-6.4
Ferro (mg/l)	1.42	0.49	65.5	0.14	71.4	90.1
Potássio (mg/l)	3.5	3.54	-1.1	3.64	-2.8	-4.0
Magnésio (mg/l)	2.02	2.14	-5.9	2.19	-2.3	-8.4
Manganês (mg/l)	0.1	0.01	90.0	0.09	-800.0	10.0
Sódio (mg/l)	13.32	13.06	2.0	13.19	-1.0	1.0
Silício (mg/l)	5.83	3.51	39.8	5.21	-48.4	10.6

\* [(P1-P2)/P1].100

\* [(P2-P3)/P2].100

@ [(P1-P3)/P1].100

**TABELA 14. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**  
**Período de amostragem: junho/1986.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada P1	Solo filtrante P2	do sistema *
D.B.O. (mg/l)	5.54	1.01	81.8
Coli fecal (nmp)	93000	23000	75.3
Coli total (nmp)	430000	23000	94.7
Turbidez (FTU)	16.4	4.5	72.6
Cor (ppm PtCo)	56	25	55.4
Nitrato (mg/l)	0.27	0.88	-225.9
N-ammoniacal (mg/l)		<0.20	>87.4
Bório (mg/l)	0.28	0.37	-32.1
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	0.06	0.07	-16.7
Zinco (mg/l)	0.04	<0.02	>50.0
Sulfato (mg/l)	29.73	31.78	-6.9
Fósforo (mg/l)	0.19	0.12	36.8
Cloro (mg/l)	23.27	23.94	-2.9
Alumínio (mg/l)	0.48	0.32	33.3
Cálcio (mg/l)	10.06	8.55	15.0
Ferro (mg/l)	1.06	0.2	81.1
Potássio (mg/l)	4.19	4.77	-13.8
Magnésio (mg/l)	3.02	2.68	11.3
Manganês (mg/l)	0.21	0.02	90.5
Sódio (mg/l)	32.34	32.41	-0.2
Silício (mg/l)	5.53	3.72	32.7

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 15. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**  
**Período de amostragem: julho/1986.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada	Solo filtrante	do sistema *
	P1	P2	
D.B.O. (mg/l)	4.36	0.75	82.8
Coli fecal (nmp)	39000	110	99.7
Coli total (nmp)	75000	4300	94.3
Turbidez (FTU)	12.3	2.1	82.9
Cor (ppm PtCo)	50	25	50.0
Nitrato (mg/l)	0.59	0.91	-54.2
N-ammoniacal (mg/l)	1.64	<0.20	>87.8
Bário (mg/l)	0.23	0.14	39.1
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	<0.05	0.05	-
Zinco (mg/l)	0.02	<0.02	-
Sulfato (mg/l)	28.65	29.31	-2.3
Fósforo (mg/l)	0.16	<0.10	>37.5
Cloro (mg/l)	21.49	22.24	-3.5
Alumínio (mg/l)	0.47	0.21	55.3
Cálcio (mg/l)	9.2	9.75	-6.0
Ferro (mg/l)	0.68	0.17	75.0
Potássio (mg/l)	4.26	3.96	7.0
Magnésio (mg/l)	2.22	2.81	-26.6
Manganês (mg/l)	0.06	<0.01	>83.3
Sódio (mg/l)	29.68	29.25	1.4
Silício (mg/l)	5.14	4.41	14.2

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 16. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**

**Período de amostragem: agosto/1986.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada P1	Solo filtrante P2	do sistema *
D.B.O. (mg/l)	6.43	0.86	86.6
Coli fecal (nmp)	430000	4671	98.9
Coli total (nmp)	1.2E+07	116050	99.1
Turbidez (FTU)	11.62	1.36	88.3
Cor (ppm PtCc)	73	22	69.9
Nitrato (mg/l)	0.22	0.87	-295.5
N-ammoniacal (mg/l)	2.2	0.20	90.9
Bario (mg/l)	0.08	0.03	62.5
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Crómio (mg/l)	<0.05	<0.05	-
Zincos (mg/l)	0.02	<0.02	-
Sulfato (mg/l)	32.11	32.34	-0.7
Fósforo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cloro (mg/l)	25.33	24.56	3.0
Alumínio (mg/l)	0.36	0.13	63.9
Cálcio (mg/l)	9.95	11.08	-11.4
Ferro (mg/l)	0.77	0.15	80.5
Potássio (mg/l)	4.33	4.23	2.3
Magnésio (mg/l)	2.34	3.03	-29.5
Manganês (mg/l)	0.13	0.02	84.6
Sódio (mg/l)	33.47	31.67	5.4
Silício (mg/l)	5.97	4.73	20.8

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 17. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**  
**Período de amostragem: novembro/1986.**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada	Solo filtrante	do sistema *
	P1	P2	
D.B.O. (mg/l)	5.23	0.78	85.1
Coli fecal (nmp)	4300	240	94.4
Coli total (nmp)	430000	9300	97.8
Turbidez (FTU)	12.63	2.34	81.5
Cer (ppm PtCo)	63	26	58.7
Nitrato (mg/l)	0.37	0.37	0.0
N-ammoniacal (mg/l)	1.74	<0.20	>88.5
Bário (mg/l)	0.13	0.04	69.2
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	0.03	<0.02	>33.3
Cromo (mg/l)	<0.05	-	-
Zinco (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Sulfato (mg/l)	17.71	19.94	-12.6
Fósforo (mg/l)	0.27	<0.10	>63.0
Cloro (mg/l)	26.27	22.12	15.8
Alumínio (mg/l)	0.45	0.25	44.4
Cálcio (mg/l)	11.12	13.63	-22.6
Ferro (mg/l)	0.89	0.1	88.8
Potássio (mg/l)	7.03	6	14.7
Magnésio (mg/l)	2.8	3.69	-31.8
Manganês (mg/l)	0.18	<0.01	>94.4
Sódio (mg/l)	41.87	32.51	22.4
Silício (mg/l)	5.31	5.46	-2.8

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 18. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**

**Período de amostragem: dezembro/1986.**

PARAMETROS	Aqua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada P1	Solo filtrante P2	do sistema *
D.B.O. (mg/l)	4.9	1.72	64.9
Coli fecal (nmp)	23000	430	98.1
Coli total (nmp)	2300000	23000	99.0
Turbidez (FTU)	128.6	17.25	86.6
Cor (ppm PtCo)	287	56	80.5
Nitrato (mg/l)	0.52	<0.01	>98.1
N-ammoniacal (mg/l)	0.48	<0.20	>58.3
Bário (mg/l)	0.07	0.04	42.9
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-
Zinco (mg/l)	0.04	<0.02	>50.0
Sulfato (mg/l)	11.29	11.13	1.4
Fósforo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cloro (mg/l)	6.46	6.03	6.7
Alumínio (mg/l)	1.12	0.27	75.9
Cálcio (mg/l)	5.94	11.66	-96.3
Ferro (mg/l)	2.44	0.23	90.6
Potássio (mg/l)	3.6	4.19	-16.4
Magnésio (mg/l)	1.91	3.14	-64.4
Manganês (mg/l)	0.14	0.19	-35.7
Sódio (mg/l)	9.64	12.82	-33.0
Silício (mg/l)	4.84	5.73	-18.4

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 19. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**

**Período de amostragem: janeiro/1987.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada	Solo filtrante	do sistema *
	P1	P2	
D.B.O. (mg/l)	3.9	1.3	66.7
Coli fecal (nmp)	379650	115	99.9
Coli total (nmp)	1165000	11955	99.0
Turbidez (FTU)	129	12.45	90.3
Cor (ppm PtCo)	390	56	85.6
Nitrato (mg/l)	0.47	0.11	76.6
N-ammoniacal (mg/l)	0.31	<0.20	>35.5
Bario (mg/l)	0.08	0.05	37.5
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	0.03	<0.02	>33.3
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-
Zinco (mg/l)	0.03	0.02	33.3
Sulfato (mg/l)	11.78	7.83	33.5
Fósforo (mg/l)	0.12	<0.10	>16.7
Cloro (mg/l)	6.33	4.78	24.5
Aluminio (mg/l)	0.94	0.18	80.9
Cálcio (mg/l)	6.59	13.6	-106.4
Ferro (mg/l)	4.41	0.52	88.2
Potássio (mg/l)	3.87	4.1	-5.9
Magnésio (mg/l)	2.15	3.81	-77.2
Manganês (mg/l)	0.14	0.75	-435.7
Sódio (mg/l)	9.31	8.83	5.2
Silicio (mg/l)	5.86	5.96	-1.7

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 20. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**  
**Período de amostragem: fevereiro/1987.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada P1	Solo filtrante P2	do sistema *
D.B.O. (mg/l)	-	-	-
Coli fecal (nmp)	9300	<30	>99.7
Coli total (nmp)	230000	2300	99.0
Turbidez (FTU)	104.5	4.2	96.0
Cor (ppm PtCo)	317	30	90.5
Nitrato (mg/l)	1.35	3.4	-151.9
N-ammoniacal (mg/l)	0.27	<0.20	>25.9
Bario (mg/l)	0.04	0.01	75.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-
Zinco (mg/l)	0.04	0.22	-450.0
Sulfato (mg/l)	9.54	3.42	64.2
Fósforo (mg/l)	0.1	0.1	0.0
Cloro (mg/l)	3.5	3.84	-9.7
Alumínio (mg/l)	2.01	0.1	95.0
Cálcio (mg/l)	4.64	8.51	-83.4
Ferro (mg/l)	3.11	0.46	85.2
Potássio (mg/l)	2.72	1.76	35.3
Magnésio (mg/l)	1.79	2.52	-40.8
Manganês (mg/l)	0.17	0.18	-5.9
Sódio (mg/l)	7.15	7.15	0.0
Silício (mg/l)	4.4	2.25	48.9

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 21. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**  
**Período de amostragem: março/1987.**

PARAMETROS	Água de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada P1	Solo filtrante P2	do sistema *
D.B.O. (mg/l)	3.75	1.47	60.8
Coli fecal (nmp)	-	-	-
Coli total (nmp)	430000	9300	97.8
Turbidez (FTU)	87	10.05	88.4
Cor (ppm PtCo)	324	53	83.6
Nitrato (mg/l)	0.54	0.04	92.6
N-ammoniacal (mg/l)	0.32	<0.20	>37.5
Bário (mg/l)	0.05	0.02	60.0
Cádmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	0.13	<0.10	>23.1
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-
Zinco (mg/l)	0.04	<0.02	>50.0
Sulfato (mg/l)	3.01	3.69	-22.6
Fósforo (mg/l)	0.13	<0.10	>23.1
Cloro (mg/l)	6.85	6.73	1.8
Alumínio (mg/l)	1.23	0.24	80.5
Cálcio (mg/l)	5.39	8.26	-53.2
Ferro (mg/l)	2.18	0.59	72.9
Potássio (mg/l)	3.02	2.83	6.3
Magnésio (mg/l)	1.84	2.3	-25.0
Manganês (mg/l)	0.12	0.53	-341.7
Sódio (mg/l)	7.77	11.23	-44.5
Silício (mg/l)	5.59	4.74	15.2

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 22. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**  
**Período de amostragem: abril/1987.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada	Solo filtrante	do sistema *
	P1	P2	
D.B.O. (mg/l)	3.1	-	-
Coli fecal (nmp)	43000	23000	46.5
Coli total (nmp)	2300000	23000	99.0
Turbidez (FTU)	29	4.03	86.1
Cor (ppm PtCo)	88	23	73.9
Nitrato (mg/l)	0.65	0.48	26.2
N-amoniacial (mg/l)	0.42	<0.20	>52.4
Bário (mg/l)	0.05	0.03	40.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	<0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	0.05	0.05	0.0
Zinco (mg/l)	<0.02	0.02	-
Sulfato (mg/l)	12.6	18.47	-46.6
Fósforo (mg/l)	0.11	<0.10	>9.1
Cloro (mg/l)	11.64	12.32	-5.8
Alumínio (mg/l)	0.38	0.18	52.6
Cálcio (mg/l)	6.61	8.39	-26.9
Ferro (mg/l)	1.18	0.39	66.9
Potássio (mg/l)	3.74	4.23	-13.1
Magnésio (mg/l)	2.15	2.55	-18.6
Manganês (mg/l)	0.09	0.23	-155.6
Sódio (mg/l)	16.28	15.78	3.1
Silício (mg/l)	5.76	6.09	-5.7

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 23. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**  
**Período de amostragem: maio/1987.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada P1	Solo filtrante P2	do sistema *
D.B.O. (mg/l)	4.9	1.66	66.1
Coli fecal (nmp)	430000	<30	>99.9
Coli total (nmp)	2.3E+07	4300	99.9
Turbidez (FTU)	140	51	63.6
Cor (ppm PtCo)	590	27	95.4
Nitrato (mg/l)	0.49	0.25	49.0
N-ammoniacal (mg/l)	<0.20	<0.20	-
Bario (mg/l)	0.10	0.04	60.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	0.23	<0.10	>56.5
Cobre (mg/l)	<0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	0.06	<0.05	>16.7
Zinco (mg/l)	0.06	0.03	50.0
Sulfato (mg/l)	10.73	14.35	-33.7
Fósforo (mg/l)	0.19	<0.10	>47.4
Cloro (mg/l)	7.01	6.77	3.4
Alumínio (mg/l)	2.49	0.55	77.9
Cálcio (mg/l)	7.04	5.91	16.1
Ferro (mg/l)	4.43	0.72	83.7
Potássio (mg/l)	4.33	3.92	9.5
Magnésio (mg/l)	2.62	1.99	24.0
Manganês (mg/l)	0.27	0.14	48.1
Sódio (mg/l)	10.72	10.35	3.5
Silício (mg/l)	7.43	5.81	21.8

\* [(P1-P2)/P1].100

**TABELA 24. Dados obtidos e avaliação da eficiência do sistema de solos filtrantes consecutivos.**

**Período de amostragem: JUNHO/1987.**

PARAMETROS	Agua de	Saída	Eficiência (%)
	Entrada	Solo filtrante	do sistema *
	P1	P2	
D.B.O. (mg/l)	5.05	2.41	52.3
Coli fecal (nmp)	23000	<30	>99.9
Coli total (nmp)	430000	1500	99.7
Turbidez (FTU)	40.5	6.4	84.2
Cor (ppm PtCo)	138	30	78.3
Nitrato (mg/l)	0.24	0.10	58.3
N-ammoniacal (mg/l)	0.53	<0.20	>62.3
Bário (mg/l)	0.06	0.03	50.0
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	-
Chumbo (mg/l)	0.10	<0.10	-
Cobre (mg/l)	0.02	<0.02	-
Cromo (mg/l)	<0.05	<0.05	-
Zinco (mg/l)	0.03	<0.02	>33.3
Sulfato (mg/l)	13.68	14.07	-2.9
Fósforo (mg/l)	0.15	<0.10	>33.3
Cloro (mg/l)	8.81	9.02	-2.4
Alumínio (mg/l)	0.58	0.41	29.3
Cálcio (mg/l)	6.13	5.5	10.3
Ferro (mg/l)	1.42	0.3	78.9
Potássio (mg/l)	3.5	3.76	-7.4
Magnésio (mg/l)	2.02	2.14	-5.9
Manganês (mg/l)	0.1	0.12	-20.0
Sódio (mg/l)	13.32	12.31	7.6
Silício (mg/l)	5.83	5.21	10.6

\* [(P1-P2)/P1].100

## 5. ANALISE E DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS

### 5.1 Eficiência dos processos estudados

Observou-se uma variação da eficiência dos sistemas durante o ano, para os diversos processos de purificação. Estas variações estão ligadas principalmente aos processos biológicos que se desenvolvem, como: fases de desenvolvimento das plantas flutuantes e do arroz; dimensões do sistema radicular; necessidades fisiológicas das plantas; atividades microbiológicas associadas; energia solar disponível; temperatura; variação da concentração dos diversos produtos na água do Rio, etc.

#### 5.1.1 Sistema I : canal com aguapé e salas filtrantes

A eficiência do canal com aguapé e salas filtrantes para os diversos parâmetros estudados estão indicados nas tabelas 1 a 13.

##### 5.1.1.1 Eficiência do aguapé

Observou-se que a eficiência do canal de aguapé, para os

diversos parâmetros estudados, variou com o período do ano, sendo que:

a) Para demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O.), a eficiência mínima (35.1%) ocorreu em janeiro/1987 e a máxima (33.4%) em junho/1986.

b) Para colifomes fecais, a eficiência mínima (78.4%) ocorreu em novembro/1986 e a máxima (99.9%) nos meses de julho, agosto, setembro/1986 e janeiro, maio, junho/1987.

c) Para coliformes totais, a eficiência mínima (74.7%) ocorreu em novembro/1986 e a máxima (99.9%) nos meses de agosto, setembro/1986 e maio, junho/1987.

d) Para turbidez, a eficiência mínima (50.8%) ocorreu em dezembro/1986 e a máxima (93.4%) em abril/1987.

e) Para cor, a eficiência mínima (15.9%) ocorreu em novembro/1986 e a máxima (84.2%) em maio/1987.

f) Para N-amoniacial e nitrato Observou-se que para o N-amoniacial a eficiência é sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (25.9%) ocorreu em fevereiro/1987 e a máxima (95.2%) em abril/1987. Para o nitrato a eficiência mínima (40.7%) ocorreu em <sup>fevereiro</sup> janeriro/1987 e a máxima (91.9%), em novembro/1986. Entretanto observou-se que os teores de nitrato aumentaram no canal de aguapé em alguns meses do ano. Este aumento pode ser devido a dois mecanismos:

- transformação da amônia em nitrato;
- decomposição da matéria orgânica, associada a um processo de dinitrificação.

g) Para ferro, alumínio, manganês e bário, observou-se que a eficiência do canal de aguapé, foi bastante significativa durante todos os

meses do ano. Somente no mês de junho/1986, observou-se um aumento de 25% do bário no canal com aguapé.

h) Para cádimio, chumbo, cobre, cromo e zinco, observou-se que a concentração destes elementos na água de entrada do sistema, na maioria dos meses, não excedeu o valor mínimo de detecção. Nos poucos meses em que estes valores foram excedidos observou-se uma boa eficiência de redução destes elementos no canal com aguapé.

i) Para fósforo, silício, sódio, potássio, calcio, cloro, magnésio e sulfato, observou-se que a variação da concentração destes parâmetros, na água de entrada do sistema, é pequena na maioria dos meses. Com respeito à eficiência de redução do canal de aguape, observou-se que esta não é muito significativa para estes parâmetros na maioria dos meses.

#### *5.1.1.2. Eficiência do solo filtrante*

Observou-se que a eficiência do solo filtrante para os diversos parâmetros analisados, variou com o período do ano, sendo que:

a) Para demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O.), a eficiência mínima (8.9%) ocorreu em abril/1987 e a máxima (75.2%) em agosto/1986. Observou-se também um aumento de 9.9% no mês de janeiro/1987 da D.B.O. no solo filtrante.

b) Para coliformes fecais, a eficiência mínima (15.6%) ocorreu em setembro/1986 e a máxima (>94.1%) em janeiro/1987. Observou-se ainda um pequeno aumento de coliformes fecais no solo filtrante nos meses de junho, julho/1986. Este aumento deve ter ocorrido pela falta de se constatar uma infiltração no sistema, de um esgôto oriundo de algmas

residências localizadas nas proximidades do local em estudo.

c) Para coliformes totais, a eficiência mínima (43.9%) ocorreu em agosto/1986 e a máxima (99.6%) ocorreu em novembro/1986. Entretanto, no mês de abril/1987 houve um aumento de 434.9% de coliformes totais no solo filtrante, fato este que deve ter ocorrido pelo mesmo motivo citado no item b acima.

d) Para turbidez, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a mínima (26.3%) ocorreu em abril/1987 e a máxima (92.3%) em janeiro/1987.

e) Para cor, a eficiência foi sempre positiva , sendo que a mínima (3.8%) ocorreu em julho/1986 e a máxima (80.4%) em janeiro/1987.

f) Para N-amoniacial e nitrato. Observou-se que a concentração do N-amoniacial na saída do solo filtrante, foi inferior ao limite mínimo de detecção em todos os meses. Para o nitrato a eficiência mínima (3.0%) ocorreu em junho/1986 e a máxima (78.9%) em maio/1987. Observou-se também um aumento do nitrato no solo filtrante em alguns meses do ano. Este fato pode ter ocorrido pelos mecanismos já mencionados no item 5.1.1.1.

g) Para ferro, alumínio, manganes, bário, fosforo, silício, sódio, potássio, cálcio, cloro, magnésio e sulfato, observou-se que o solo filtrante é eficiente na maioria dos meses. Entretanto, observou-se também um aumento da concentração destes parâmetros, em alguns períodos.

h) Para cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco, observou-se que a concentração destes elementos não excedeu os valores mínimos de detecção na maioria dos meses, na saída do solo filtrante. Entretanto houve um aumento de 20% do cromo em junho/1986, de 50% do cobre em

novembro/1986 e de 150% do zinco em janeiro/1987, na saída do solo filtrante.

#### *5.1.1.3. Eficiência do sistema*

Observou-se que a eficiência do sistema para os diversos parâmetros estudados, variou com o período do ano sendo que:

a) Para demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O.), a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima(28.7%) ocorreu em janeiro/1987 e a máxima (89.4%) em agosto/1986.

b) Para coliformes fecais, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (75.3%) ocorreu em junho/1986 e a máxima (99.9%) nos meses de julho, agosto, setembro/1986 e janeiro, maio, junho/1987.

c) Para coliformes totais, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (94.7%) ocorreu em junho/1986 e a máxima (99.9%) nos meses de agosto, setembro, novembro/1986 e janeiro, maio, junho/1987.

d) Para turbidez, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (75.9%) ocorreu em novembro/1986 e a máxima (97.7%) em maio/1987.

e) Para cor, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (50%) ocorreu em julho/1986 e a máxima (94.4%) em maio/1987.

f) Para N-amoniacial e nitrato. Para o N-amoniacial a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (25.9%) ocorreu em fevereiro/1987 e a máxima (>95.2%) em abril/1987. Para o nitrato a eficiência mínima (53.7%) ocorreu em março/1987 e a máxima (91.8%) em maio/1987. Entretanto, observou-se um aumento da concentração do nitrato na saída do sistema , em alguns meses do ano, que pode ter ocorrido pelos mecanismos mencionados no item 5.1.1.1.

g) Para fósforo, alumínio e ferro a eficiência foi sempre positiva, sendo que para o fósforo a eficiência mínima (9.1%) ocorreu em abril/1987 e a máxima (>63%) em novembro/1986. Para o alumínio a eficiência mínima (35.6%) ocorreu em novembro/1986 e a máxima (89.6%) em maio/1987. Para o ferro a eficiência mínima (36.7%) ocorreu em março/1987 e a máxima (97.3%) em maio/1987.

h) Para Bário, manganês e zinco a eficiência foi positiva na maioria dos meses, sendo que para o bário a eficiência mínima (21.7%) ocorreu em julho/1986 e a máxima (70%) em maio/1987. Para o manganês a eficiência mínima (10%) ocorreu em junho/1987 e a máxima (95.2%) em junho/1987. Para o zinco a eficiência mínima (>33.3%) ocorreu nos meses de janeiro, junho/1987 e a máxima (>66.7%) em maio/1987.

Observou-se também um aumento de 7.7% da concentração do bário na saída do sistema, em junho/1986, um aumento da concentração do manganês nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril/1987 , variando de 55.3% a 357.1%, um aumento de 25% da concentração do zinco nos meses de fevereiro, março/1987.

i) Para cádmio, chumbo, cobre e cromo, observou-se que a concentração destes elementos na saída do sistema na maioria dos meses

estavam abaixo do limite mínimo de detecção.

j) Para sulfato, cloro, cálcio, potássio, magnésio, sódio e silício observou-se que a eficiência do sistema para estes parâmetros, foi bastante variável, sendo positiva em alguns meses e negativa em outros meses.

### *5.1.2. Sistema II - Solos filtrantes consecutivos*

A eficiência dos solos filtrantes consecutivos, para os diversos parâmetros estudados, estão indicados nas tabelas 14 a 24.

Observou-se que a eficiência dos solos filtrantes, para os diversos parâmetros, variou com o período do ano, sendo que para:

a) Para demanda bioquímica de oxigénio (D.B.O.), a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (52.7%) ocorreu em junho/1987 e a máxima (86.6%) em agosto/1986.

b) Para coliformes fecais, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (46.5%) ocorreu em abril/1987 e a máxima (99.9%) nos meses de janeiro, maio, junho/1987.

c) Para coliformes totais, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (94.3%) ocorreu em julho/1986 e a máxima (99.9%) em maio/1987.

d) Para turbidez, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (63.6%) ocorreu em maio/1987 e a máxima (96%) em fevereiro/1987.

e) Para cor, a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (50%) ocorreu em julho/1986 e a máxima (95.4%) em

maio/1987.

f) Para N-amoniacial e nitrato. Para o N-amoniacial a eficiência foi sempre positiva, sendo que a eficiência mínima (>25.9%) ocorreu em fevereiro/1987 e a máxima (>90.9%) em agosto/1986. Para o nitrato a eficiência mínima (26.2%) ocorreu em abril/1987 e a máxima (>98.1%) em dezembro/1986. Entretanto, observou-se também um aumento da concentração do nitrato na saída do sistema em alguns meses. Este fato pode ter ocorrido pelos mecanismos citados no item 5.1.1.1.

g) Para fósforo, alumínio e ferro, a eficiência foi sempre positiva, sendo que para o fósforo a eficiência mínima (9.1%) ocorreu em abril/1987 e a máxima (63%) em novembro/1986. Observou-se também que a concentração do fósforo na saída do sistema estava abaixo do limite mínimo de detecção, com exceção apenas no mês de junho/1986.

Para o alumínio a eficiência mínima (29.3%) ocorreu em junho/1987 e a máxima (95%) em fevereiro/1987.

Para o ferro a eficiência mínima (66.9%) ocorreu em abril/1987 e a máxima (90.6%) em dezembro/1986.

h) Para bário e zinco, a eficiência foi positiva na maioria dos meses. Para o bário a eficiência mínima (37.5%) ocorreu em janeiro/1987 e a máxima (75%) em fevereiro/1987. Observou-se entretanto, um aumento de 32.1% da concentração do bário na saída do sistema em junho/1986.

Para o zinco a eficiência mínima (33.3%) ocorreu em janeiro /1987 e a máxima (50%) nos meses de junho, dezembro/1986 e março, maio/1987.

i) Para cádmio, chumbo, cobre e cromo, observou-se que a concentração destes elementos na saída do sistema, estava abaixo do

limite mínimo de detecção na maioria dos meses.

j) Para sulfato, cloro, cálcio, potássio, magnésio, manganês, sodio e silício, observou-se que a eficiência do sistema para estes parâmetros foi bastante variável durante todo o período, sendo positiva em alguns meses e negativa em outros.

## 5.2. Mudança da classificação da água para abastecimento .

Segundo Artigo 7º do Decreto nº 8468, de 08/09/1976, que regulamenta a Lei nº 997, de 31/05/1976 (Legislação do Controle da Poluição Ambiental do Estado de São Paulo, junho/1986), as águas interiores situadas no território do Estado, para os efeitos deste regulamento, são classificadas segundo os seguintes usos preponderantes:

I- CLASSE 1: águas destinadas ao abastecimento doméstico , sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

II - CLASSE 2 : águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário ( natação, esqui-aquático e mergulho);

III - CLASSE 3 : águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outro elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais;

IV - CLASSE 4 : águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

As águas do Rio Piracicaba estão enquadradas na classe 2 pelo Art. 7º citado. O Art. 11 do mesmo decreto especifica que, nas águas da classe 2 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos valores dos diversos parâmetros exigidos por este artigo.

Durante o período de junho/1986 a junho/1987 foram estudados a maioria dos parâmetros que permitem enquadrar as águas do Rio Piracicaba dentro da sua categoria.

Os valores obtidos e os desvios relativos aos padrões utilizados pela CETESB, os quais são os mesmos da legislação do controle da poluição ambiental do Estado de São Paulo, estão indicados nas tabelas 25 a 48.

### *5.2.1 Sistema I - Canal com aquapé e solos filtrantes*

Os dados obtidos e os desvios relativos aos padrões utilizados pela CETESB, para o sistema I, estão indicados nas tabelas 25 a 37.

#### *5.2.1.1. Água de entrada do sistema (água do Rio Piracicaba)*

Observou-se que, para os parâmetros estudados, a água do Rio Piracicaba estava acima dos limites exigidos na maioria dos meses, sendo que :

a) Para demanda biográmica de oxigênio e N-amoniácal, os limites máximos exigidos foram excedidos em 6 meses do período em estudo;

- b) Para coliformes fecais e totais, os limites máximos exigidos foram excedidos em todos os meses do período em estudo;
- c) Para chumbo e cromo, os limites máximos exigidos foram excedidos em 2 meses do período em estudo;
- d) Para nitrito, bário, cádmio, cobre e zinco, os limites máximos exigidos não foram excedidos em nenhum mês do período em estudo.

#### *5.2.1.2. Canal com aguapé*

Observou-se que após passar pelo canal com aguapé, a maioria dos parâmetros estudados estavam abaixo dos limites máximos exigidos, sendo que:

- a) Para demanda bioquímica de oxigênio, nitrito, nitrito, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, zinco, os limites máximos exigidos não foram excedidos em nenhum mês do período em estudo,
- b) Para coliformes fecais e totais e N-amoniacial os limites máximos exigidos foram excedidos em 2 meses para coliforme, em 7 meses para coliforme total, e em 2 meses para o N-amoniacial.

#### *5.2.1.3 Saída do sistema*

Observou-se que após passar pela sistema, a maioria dos parâmetros estudados estavam abaixo dos limites máximos exigidos, sendo que:

a) Para demanda bioquímica de oxigênio, nitrito, nitrito, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, zinco e N-amoniacial, os limites máximos exigidos não foram excedidos em nenhum mês do período em estudo;

b) Para coliformes fecais e totais, os limites máximos exigidos foram excedidos em 2 meses para coliforme fecal e 3 meses para coliforme total.

### *5.2.2 Sistema II - Solos filtrantes consecutivos*

Os dados obtidos e os desvios relativos aos padrões utilizados pela CETESB, para o sistema II, estão indicados nas tabelas 36 a 40.

#### *5.2.2.1 Água de entradas do sistema (água do Rio Piracicaba)*

Já discutido no item 5.2.1.1

#### *5.2.2.2 Saída do Sistema*

Observou-se que , após passar pelo sistema , a maioria dos parâmetros estudados , estavam abaixo dos limites máximos exigidos, sendo que:

a) Para demanda bioquímica de oxigênio, nitrito, nitrito, bário, cádmio, chumbo, cobre, zinco e N-amoniacial, os limites máximos exigidos não foram excedidos em nenhum mês do período em estudo;

b) Para coliformes fecais e totais, os limites máximos exigidos foram excedidos em 2 meses para coliforme fecal e 7 meses para coliforme total.

total, no periodo em estudo;

c) Para o cromo o limite maximo exigido foi excedido em apenas 1 mês do periodo em estudo.

**TABELA 25. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Junho/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	DR *	Saída Rio Piracicaba	DR *	Saída solo Canal aguapé filtrante	DR @ Sistema
	PR	P1	(%)	P2	(%)	P3	(%)
D.B.O. (mg/l)	5	5.54	10.8	0.92	-81.6	0.69	-86.2
Coli fecal (nmp)	1000	93000	9200.0	1500	50.0	2300	130.0
Coli total (nmp)	5000	430000	8500.0	23000	360.0	23000	360.0
Nitrito (mg/l)	1	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/l)	10	0.27	-97.3	1.15	-88.5	0.73	-92.7
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	1.59	218.0	<0.20	>-60.0	<0.20	>-60.0
Bório (mg/l)	1	0.28	-72.0	0.35	-65.0	0.3	-70.0
Códmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	0.06	20.0	0.05	0.0	0.06	20.0
Zinco (mg/l)	5	0.04	-99.2	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 26. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Julho/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R * P1 (%)	Saída P2	D R * Canal aguapé (%)	Saída solo filtrante P3	D R @ Sistema (%)
	PR	(%)	(%)		(%)		
D.B.O. (mg/l)	5	4.36	-12.8	0.83	-83.4	0.69	-86.2
Coli fecal (nmp)	1000	39000	3800.0	<30	>-97.00	36	-96.4
Coli total (nmp)	5000	75000	1400.0	4300	-14.0	160	-96.8
Nitrito (mg/l)	1	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/l)	10	0.59	-94.1	1.06	-89.4	1.23	-87.7
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	1.64	228.0	<0.20	>-60.0	<0.20	>-6000
Bário (mg/l)	1	0.23	-77.0	0.19	-81.0	0.18	-82.0
Cadmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.02	-99.6	<0.02	>-99.6	0.02	-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 27. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Agosto/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R * P1 (%)	Saída P2	D R * Canal aguapé (%)	Saída solo filtrante P3	D R @ Sistema (%)
	PR	(%)	P1	P2	(%)	P3	(%)
D.B.O. (mg/l)	5	6.43	28.6	2.74	-45.2	0.68	-86.4
Coli fecal (nmp)	1000	430000	42900.0	67	-93.3	30	-97.0
Coli total (nmp)	5000	12250000	244900.0	2300	-54.0	1290	-74.2
Nitrito (mg/l)	1	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/l)	10	0.22	-97.8	0.95	-90.5	0.63	-93.7
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	2.20	340.0	<0.20	>-60.0	<0.20	>-60.0
Bártio (mg/l)	1	0.08	-92.0	0.05	-95.0	0.05	-95.0
Cadmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.02	-99.6	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 28. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Setembro/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R *	Saída P1	D R *	Saída solo filtrante	D R @
	PR	(%)	P2	(%)	P3	(%)	
D.B.O. (mg/l)	5	6.01	20.2	1.58	-68.4	0.87	-82.6
Coli fecal (nmp)	1000	930000	92900.0	36	-96.4	<30	>-97.0
Coli total (nmp)	5000	930000	18500.0	290	-94.2	120	-97.6
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	-	-
Nitrato (mg/l)	10	0.22	-97.8	2.76	-72.4	-	-
N-amoniacial (mg/l)	0.5	2.58	416.0	0.99	98.0	-	-
Bório (mg/l)	1	0.10	-90.0	0.09	-91.0	-	-
Cadmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	-	-
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	-	-
Cobre (mg/l)	1	0.03	-97.0	0.03	-97.0	-	-
Cromo (mg/l)	0.05	0.05	0.0	<0.05	0.0	-	-
Zinco (mg/l)	5	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6	-	-

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 29. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Outubro/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra-	DR *	Saída	DR *	Saída solo	DR @		
	PR	cicaba)	(Rio Pira-	P1	(%)	P2	Canal aguapé	Canal aguapé	P3	Sistema
D.B.O. (mg/l)	5	6.51	Rio Piracicaba	30.2	2.49	-50.2	-	-	-	-
Coli fecal (nmp)	1000	126500	Rio Piracicaba	12550.0	561	-43.9	-	-	-	-
Coli total (nmp)	5000	1365000	Rio Piracicaba	27200.0	16150	223.0	-	-	-	-
Nitrito (mg/l)	1	-	Rio Piracicaba	>99.0	-	-	--	-	-	-
Nitrato (mg/l)	10	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-
Bório (mg/l)	1	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-
Códmio (mg/l)	0.01	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo (mg/l)	0.1	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/l)	1	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-
Cromo (mg/l)	0.05	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-
Zinco (mg/l)	5	-	Rio Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 30. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Novembro/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- caba)	D R *	Saída P2	D R #	Saída solo filtrante P3	D R @ Sistema (%)
	PR	P1	(%)	Canal aguapé	Canal aguapé	(%)	
D.B.O. (mg/l)	5	5.23	4.6	2.13	-57.4	0.93	-81.4
Coli fecal (nmp)	1000	4300	330.0	930	-7.0	64	-93.6
Coli total (nmp)	5000	430000	8500.0	110000	2100.0	440	-91.2
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.
Nitroato (mg/l)	10	0.37	-96.3	0.03	-99.7	0.77	-92.3
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	1.74	248.0	0.80	60.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.13	-87.0	0.07	-93.0	0.05	-95.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	0.03	-97.0	0.02	-98.0	0.03	-97.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

# [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 31. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Dezembro/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra-	D R *	Saída	D R *	Saída solo	D R @		
	PR	cicaba)	(Rio Piracicaba)	(%)	P1	P2	Canal aguapé	Canal aguapé	P3	Sistema
D.B.O. (mg/l)	5	4.9	2.25	-2.0	2.25	-55.0	1.33	-73.4		
Coli fecal (nmp)	1000	230000	1500	2200.0	1500	50.0	210	-79.0		
Coli total (nmp)	5000	2300000	45000.0	45900.0	230000	4500.0	23000	360.0		
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0		
Nitrato (mg/l)	10	0.52	0.21	-94.8	0.21	-97.9	0.21	-97.9		
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.48	0.25	-4.0	0.25	-50.0	<0.20	>-60.0		
Bário (mg/l)	1	0.07	0.03	-93.0	0.03	-97.0	0.03	-97.0		
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0		
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0		
Cobre (mg/l)	1	0.02	0.02	-98.0	0.02	-98.0	0.02	-98.0		
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0		
Zinco (mg/l)	5	0.04	<0.02	-99.2	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6		

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 32. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Janeiro/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba) P1	D R * (%)	Saída P2	D R * (%)	Saída solo filtrante P3	D R @ (%)
	PR	P1	Canal aguapé	Canal aguapé	Sistema			
D.B.O. (mg/l)	5	3.9	-22.0	2.53	-49.4	2.78	-44.4	
Coli fecal (nmp)	1000	379650	37865.0	510	-49.0	<30	>-97.0	
Coli total (nmp)	5000	1165000	23200.0	8650	73.0	1187	-76.3	
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	
Nitrato (mg/l)	10	0.47	-95.3	<0.10	>-99.0	<0.10	>-99.0	
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.31	-38.0	0.20	-60.0	<0.20	>-60.0	
Bário (mg/l)	1	0.08	-92.0	0.05	-95.0	0.04	-96.0	
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0	
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0	
Cobre (mg/l)	1	0.03	-97.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0	
Zinco (mg/l)	5	0.03	-99.4	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6	

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 33. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Fevereiro/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra-	D R	Saída	D R	Saída solo	D R
	PR	cicaba)	da (Rio Pira-	(%)	P2	Canal aguapé	Canal aguapé	filtrante
D.B.O. (mg/l)	5	-	-	-	-	-	-	-
Coli fecal (nmp)	1000	9300	830.0	930	-7.0	<30	>-97.0	
Coli total (nmp)	5000	230000	4500.0	2300	-54.0	2300	-54.0	
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	
Nitrato (mg/l)	10	1.35	-86.5	0.80	-92.0	1.55	-84.5	
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.27	-46.0	<0.20	>-60.0	<0.20	>-60.0	
Bário (mg/l)	1	0.04	-96.0	0.03	-97.0	0.02	-98.0	
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0	
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0	
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0	
Zinco (mg/l)	5	0.04	-99.2	<0.02	>-99.6	0.05	0.0	

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 34. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Março/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra-	DR *	Saída	DR *	Saída solo	DR @
	PR	cicaba)	Rio Piracicaba P1	(%)	P2	(%)	filtrante P3	(%) Sistema
D.B.O. (mg/l)	5	3.75	-25.0	2.14	-57.2	1.27	-74.6	
Coli fecal (nmp)	1000	-	-	-	-	230	-77.0	
Coli total (nmp)	5000	430000	8500.0	43000	760.0	4300	-14.0	
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	
Nitroato (mg/l)	10	0.54	-94.6	0.13	-98.7	0.25	-97.5	
N-amoniacal (mg/l)	0.5	0.32	-36.0	<0.02	>-60.0	<0.20	>-60.0	
Bário (mg/l)	1	0.05	-95.0	0.04	-96.0	0.03	-97.0	
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0	
Chumbo (mg/l)	0.1	0.13	30.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0	
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	
Crômo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0	
Zinco (mg/l)	5	0.04	-99.2	<0.02	>-99.6	0.05	-99.0	

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 35. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Abril/1987**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra- da (Rio Pira-	DR *	Saída	DR *	Saída solo	DR @
	PR	cicaba)	P1	(%)	P2	(%)	P3	(%)
D.B.O. (mg/l)	5	3.1	-38.0	1.35	-73.0	1.23	-75.4	
Coli fecal (nmp)	1000	43000	4200.0	230	-77.0	-	-	
Coli total (nmp)	5000	2300000	45900.0	4300	-14.0	23000	360.0	
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	
Nitroato (mg/l)	10	0.65	-93.5	0.26	-97.4	0.19	-98.1	
N-amoniacoal (mg/l)	0.5	0.42	-16.0	<0.20	>-60.0	<0.20	>-60.0	
Bário (mg/l)	1	0.05	-95.0	0.05	-95.0	0.03	-97.0	
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0	
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0	
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	
Cromo (mg/l)	0.05	0.05	0.0	0.05	0.0	0.05	0.0	
Zinco (mg/l)	5	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6	

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 36. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Maio/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R * P1 (%)	Saída Rio Piracicaba Canal aguapé P2	D R # Canal aguapé (%)	Saída solo filtrante P3	D R @ Sistema (%)
	PR						
D.B.O. (mg/l)	5	4.90	-2.0	1.11	-77.8	1.01	-79.8
Coli fecal (nmp)	1000	430000	42900.0	110	-89.0	<30	>-97.0
Coli total (nmp)	5000	23000000	459900.0	9300	86.0	2100	-58.0
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0
Nitrato (mg/l)	10	0.49	-95.1	0.19	-98.1	0.04	-99.6
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	<0.20	>-60.0	<0.20	>-60.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.10	-90.0	0.05	-95.0	0.03	-97.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	0.23	130.0	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	0.06	20.0	0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.06	-98.8	0.04	-99.2	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

# [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 37. Desvio relativo do sistema aguapé-solo filtrante em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Junho/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R * P1 (%)	Saída P2	D R * Canal aguapé (%)	Saída solo filtrante P3	D R @ Sistema (%)
	PR						
D.B.O. (mg/l)	5	5.05	1.0	2.33	-53.4	2.11	-57.8
Coli fecal (nmp)	1000	230000	22900.0	36	-96.4	36	-96.4
Coli total (nmp)	5000	430000	8500.0	430	-91.4	230	-95.4
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0
Nitrato (mg/l)	10	0.24	-97.6	0.33	-96.7	0.32	-96.8
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.53	6.0	0.20	-60.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.06	-94.0	0.05	-95.0	0.03	-97.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	0.10	0.0	0.10	0.0	0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	0.02	-98.0	0.03	-97.0	0.03	-97.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.03	-99.4	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

@ [(P3-PR)/PR].100

**TABELA 38. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Junho/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R * P1	Saída Rio Piracicaba Solo filtrante	D R * Sistema (%)
	PR	(%)	P2	(%)	
D.B.O. (mg/l)	5	5.54	10.8	1.01	-79.8
Coli fecal (nmp)	1000	93000	9200.0	23000	2200.0
Coli total (nmp)	5000	430000	6500.0	23000	360.0
Nitrito (mg/l)	1	-	-	-	-
Nitrato (mg/l)	10	0.24	-97.6	0.88	-91.2
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	1.59	218.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.28	-72.0	0.37	-63.0
Códrmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Crômo (mg/l)	0.05	0.06	20.0	0.07	40.0
Zinco (mg/l)	5	0.04	-99.2	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 39. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Julho/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra-	D R *	Saída Rio Piracicaba Solo filtrante	D R # Sistema (%)
		PR cicaba)			
D.B.O. (mg/l)	5	4.36	-12.8	0.75	-85.0
Coli fecal (nmp)	1000	39000	3800.0	110	-89.0
Coli total (nmp)	5000	75000	1400.0	4300	-14.0
Nitrito (mg/l)	1	-	-	-	-
Nitrato (mg/l)	10	0.59	-94.1	0.91	-90.9
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	1.64	228.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.23	-77.0	0.14	-86.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.02	-99.6	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

# [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 40. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Agosto/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R *	Saída	D R *
	PR	P1	(%)	P2	Sistema (%)
D.B.O. (mg/l)	5	6.43	28.6	0.86	-82.8
Coli fecal (nmp)	1000	430000	42900.0	4671	367.1
Coli total (nmp)	5000	12250000	244900.0	116050	2221.0
Nitrito (mg/l)	1	-	-	-	-
Nitrato (mg/l)	10	0.22	-97.8	0.87	-91.3
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	2.20	340.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.08	-92.0	0.03	-97.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.02	-99.6	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 41. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Novembro/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- cicaba)	D R *	Saída	D R *
	PR	P1	(%)	P2	Sistema (%)
D.B.O. (mg/l)	5	5.23	4.6	0.78	-84.4
Coli fecal (nmp)	1000	4300	330.0	240	-76.0
Coli total (nmp)	5000	430000	8500.0	9300	86.0
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0
Nitroato (mg/l)	10	0.37	-96.3	0.37	-96.3
N-amoniacoal (mg/l)	0.5	1.74	248.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.13	-87.0	0.04	-96.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	0.03	-97.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	-	-
Zinco (mg/l)	5	<0.02	>-99.6	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 42. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Dezembro/1986.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra-	D R *	Saída	D R *
	PR	cicaba)	Rio Pira-	Rio Piracicaba	Solo filtrante	Sistema
D.B.O. (mg/l)	5	4.90	-2.0	1.72	-65.6	
Coli fecal (nmp)	1000	23000	2200.0	430	-57.0	
Coli total (nmp)	5000	2300000	45900.0	23000	360.0	
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	
Nitroato (mg/l)	10	0.52	-94.8	>0.01	>-99.9	
N-amoniacoal (mg/l)	0.5	0.48	-4.0	<0.20	>-60.0	
Bário (mg/l)	1	0.07	-93.0	0.04	-96.0	
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	
Cobre (mg/l)	1	0.02	-98.0	<0.02	>-98.0	
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	
Zinco (mg/l)	5	0.04	-99.2	<0.02	>-99.6	

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 43. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Janeiro/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Piracicaba)	D R *	Saída Solo filtrante	D R #
	PR	P1	(%)	P2	(%)
D.B.O. (mg/l)	5	3.90	-22.0	1.30	-74.0
Coli fecal (nmp)	1000	379650	37865.0	115	-88.5
Coli total (nmp)	5000	1165000	23200.0	11955	139.1
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>99.0	<0.01	>99.0
Nitrato (mg/l)	10	0.47	-95.3	0.11	-98.9
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.31	-38.0	<0.20	>-60.0
Bário (mg/l)	1	0.08	-92.0	0.05	-95.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	0.03	-97.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.03	-99.4	0.02	-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

# [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 44. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Fevereiro/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra-	D R *	Saída	D R *
	PR	cicaba)	Rio Piracicaba	(%)	Rio Piracicaba Solo filtrante	Sistema
	P1	P2			P2	(%)
D.B.O. (mg/l)	5	-	-	-	-	-
Coli fecal (nmp)	1000	9300	830.0	30	>-97.0	
Coli total (nmp)	5000	230000	4500.0	2300	-54.0	
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	
Nitrato (mg/l)	10	1.35	-86.5	3.40	-66.0	
N-amoniacal (mg/l)	0.5	0.27	-46.0	<0.20	>-60.0	
Bário (mg/l)	1	0.04	-96.0	0.01	-99.0	
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0	
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0	
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	
Zinco (mg/l)	5	0.04	-99.2	0.22	-95.6	

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 45. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Março/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R * P1	Saída Solo filtrante	D R * Sistema
	PR	(%)	P2	(%)	
D.B.O. (mg/l)	5	3.75	-25.0	1.47	-70.6
Coli fecal (nmp)	1000	-	-	-	-
Coli total (nmp)	5000	430000	8500.0	9300	86.0
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0
Nitrato (mg/l)	10	0.54	-94.6	0.04	-99.6
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.32	-36.0	<0.20	>-60.0
Bório (mg/l)	1	0.05	-95.0	0.02	-98.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	0.13	30.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.04	-99.2	<0.02	>-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 46. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Abril/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- cicaba)	D R *	Saída	D R #
	PR	P1	(%)	P2	Sistema (%)
D.B.O. (mg/l)	5	3.10	-38.0	-	-
Coli fecal (nmp)	1000	43000	4200.0	23000	2200.0
Coli total (nmp)	5000	2300000	45900.0	23000	360.0
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0
Nitrato (mg/l)	10	0.65	-93.5	0.48	-95.2
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.42	-16.0	<0.20	>-60.0
Bártio (mg/l)	1	0.05	-95.0	0.03	-97.0
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	<0.10	0.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	0.05	0.0	0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	<0.02	>-99.6	0.02	-99.6

\* [(P1-PR)/PR].100

# [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 47. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Maio/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA	Agua de Entra- da (Rio Pira- cicaba)	D R * P1	Saída Rio Piracicaba Solo filtrante	D R * Sistema (%)
	PR	(%)	P2	(%)	
D.B.O. (mg/l)	5	4.90	-2.0	1.66	-66.8
Coli fecal (nmp)	1000	430000	42900.0	<30	>-97.0
Coli total (nmp)	5000	23000000	459900.0	4300	-14.0
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0
Nitrato (mg/l)	10	0.49	-95.1	0.25	-97.5
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	<0.20	>-60.0	<0.20	>-60.0
Bártio (mg/l)	1	0.10	-90.0	0.04	-96.0
Códmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
Chumbo (mg/l)	0.1	0.23	130.0	<0.10	0.0
Cobre (mg/l)	1	<0.02	>-98.0	<0.02	>-98.0
Cromo (mg/l)	0.05	0.06	20.0	<0.05	0.0
Zinco (mg/l)	5	0.06	-98.8	0.03	-99.4

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

**TABELA 48. Desvio relativo do sistema solos filtrantes consecutivos em relação aos padrões de referência utilizados pela CETESB**  
**Período de amostragem: Junho/1987.**

PARAMETROS	PADROES REFERENCIA		Agua de Entra-	D R *	Saída	D R *
	PR	cicaba)	Rio Piracicaba	(%)	Rio Piracicaba Solo filtrante	Sistema
	P1	P2			P2	(%)
D.B.O. (mg/l)	5	5.05	1.0	-	2.41	-51.8
Coli fecal (nmp)	1000	23000	2200.0	<30	>-97.0	
Coli total (nmp)	5000	430000	8500.0	1500	>-70.0	
Nitrito (mg/l)	1	<0.01	>-99.0	<0.01	>-99.0	
Nitrato (mg/l)	10	0.24	-97.6	0.10	>-99.0	
N-ammoniacal (mg/l)	0.5	0.53	6.0	<0.20	>-60.0	
Bárho (mg/l)	1	0.06	-94.0	0.03	-97.0	
Cádmio (mg/l)	0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0	
Chumbo (mg/l)	0.1	0.10	0.0	<0.10	0.0	
Cobre (mg/l)	1	0.02	-98.0	<0.02	>-98.0	
Cromo (mg/l)	0.05	<0.05	0.0	<0.05	0.0	
Zinco (mg/l)	5	0.03	-99.4	<0.02	>-99.6	

\* [(P1-PR)/PR].100

\* [(P2-PR)/PR].100

## 6. CONCLUSÕES

- a) Em geral observou-se uma variação da eficiência dos sistemas durante o ano, para os diversos processos de purificação hídrica.
- b) As análises realizadas demonstraram que as águas do Rio Piracicaba, no período de junho/1986 a junho/1987, estavam fora dos parâmetros de classificação do rio como classe 2.
- c) As maiores contaminações da água são decorrentes da existência de coliformes fecais e totais, da demanda bioquímica de oxigênio, do N- amoniacal, bem como pela presença em alguns meses de cobre e chumbo.
- d) O sistema utilizando plantas aquáticas flutuantes e solos filtrantes com numa vazão média de 96 l/s/ha , foi eficiente durante o ano todo para enquadrar as águas do Rio Piracicaba dentro dos padrões exigidos para um rio de classe 2, cujas águas podem ser utilizadas para abastecimento doméstico. A exceção foi observada nos meses de junho/1986 e abril/1987 para coliformes fecais e nos meses de junho, dezembro/1986 e abril/1987, para coliformes totais.
- e) O sistema utilizando solos filtrantes consecutivos com

uma vazão média de 49 l/s/ha, foi eficiente durante o ano todo para enquadrar as águas do Rio Piracicaba, dentro dos padrões exigidos para um rio classe 2, cujas águas podem ser utilizadas para abastecimento doméstico.

A exceção foi observada nos meses de junho, agosto/1986 e abril/1987 para coliformes fecais, nos meses de junho, agosto, novembro, dezembro/1986 e janeiro, março, abril/1987 para coliformes totais e no mês de junho/1986 para cromo.

f) Na maioria dos meses em estudo, as águas do tratamento global dos dois sistemas atingiu os limites exigidos pelos critérios de potabilidade, sendo que para seu consumo, bastaria uma simples cloração.

## 7. LITERATURA CITADA

- AMASEK. Cocoa, Fla., Amasek Inc., 1985. 8p.
- BATANOUNY, K. H. & EL FIKY, A. M. The water hyacinth (*Eichornia crassipes*, *salm*) in the Nilo system Egypt. *Aquatic botany*, 1 (3): 243-52, 1975.
- BLAKE, G. ; KAIGATE, B. ; FOURCY, A. Incorporation of cadmium by water hyacinth. In: SEMINARIO SOBRE O USO DE MACROFITAS NO CONTROLE DA POLUIÇÃO DA AGUA. Piracicaba, CENA, 1986. p. 176-81.
- BRUNETTI, N. ; SPENCER, N.R. ; BONETTI, M. ; MARZETTI, P. ; PACCIARONI, F. ; FRANCONI, U. Utilization de la jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes* Mart. *salm*) pour le traitement des eaux usées et résiduaires en Italie. *Entretiens écoligues de Dijon*, Dijon, 9 : 14-8 p., mar. 1981.
- CETESB; NORMALIZAÇÃO TECNICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. L5-117.
- CETESB; NORMALIZAÇÃO TECNICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. L5-120.
- CETESB; NORMALIZAÇÃO TECNICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. L5-156.
- CETESB; NORMALIZAÇÃO TECNICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. L5-202.
- GSX land treatment facility. White Castle, GSX Land Treatment Inc., 1988. s.p.
- HAYES, T. D. ; ISAACSON, H. R. ; REDDY, K. R. ; CHYNOWETH, D.P. ; BILJETINA, R. Water hyacinth systems for water treatment. In: Reddy, K. R. & Smith, W. H. Aquatic plants for water treatment and resource recovery.

- Orlando, Magnolia, 1987. 121-38 p.
- JOGLEKAR, V. R. & SONAR V. G. *Aplication of water hyacinths for treatment of domestic waste water, generation of biogas and organic manure.* In: Reddy, K. R. & Smith, W. H. Aquatic plants for water treatment and resource recovery. Orlando, Magnolia, 1987. 747-53 P.
- KAWAI, H. & GRIECO, V. M. Utilização do aguapé para tratamento de esgoto doméstico; Estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. *Revista DAE,* São Paulo, 43(135) : 79-90, dez. 1983.
- LEGISLAÇÃO; CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DE SAO PAULO. São Paulo, 1986.
- MOUSSE, R.A. ; CHAGAS, J.M. ; TERRA, A.R.S. Utilização de lagoas de maturação com aguapé (*Eichornia crassipes*) na remoção de algas e coliformes em efluentes da alagoa de estabilização. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MICROBIOLOGIA, 8, Santiago, 1979. *Resumos,* Santiago, s. ed., 1979. s.p.
- OSTROWSKI, C. ; ROQUETE PINTO, C. L. ; CAÇONA, A. J. ; SILVA, S. M. da. Utilização de plantas aquáticas para controle de poluição e aproveitamento industrial. *Informativo do INT,* Rio de Janeiro, 14(27) : 16-20, set./dez. 1981.
- PENFOUND, W. & EARLE, T.T. The biology of the water hyacinth. *Ecol. Mon.,* 18(4) : s.p., 1948.
- ROGERS JR., H. H. Nutrient removal by water hyacinth, Auburn, 1971. 80p. (Master of Science-AUBURN UNIVERSITY)
- ROQUETE PINTO, C. L. ; CAÇONIA, A. ; SOUZA, M.M. ; SANTOS , A. dos. Aguapé

- como concentradora de prata. *Revista de química industrial*, Rio de Janeiro :17-27, ago. 1983.
- SALATI, E. & RODRIGUES, N. S. De poluente a nutriente, a descoberta do aguapé. *Revista Brasileira Tecnológica*, Brasília, 13(3) : 37-42, jun./jul. 1982.
- SALATI, E. *Edaphic- phytodepuration : a new approach to wastewater treatment*. In: Reddy, K. R. & Smith, W. H. Aquatic plants for water treatment and resource recovery. Orlando, Magnolia, 1987. 199-208p.
- SANTOS, P. V. M. dos & LEAO, R. R. L. O aguapé em sistemas aquáticos de despoluição de esgotos; suas vantagens e limitações. São Paulo, *Cia Energética de São Paulo*, 1983. 33p. (apostila).
- SAITO, S. M. T. Exame bacteriológico em tratamento de recuperação de efluentes da Bacia do Piracicaba. In : REUNIAO ANUAL DA SPBC . 34. , Campinas, 1982. *Resumos São Paulo, SBPC*, 1982. p. 589.
- SALES, L. A. C. O aguapé como fonte de energia. (apresentado no Seminário de Biomassas, Unicamp) , Campinas, 1978.
- TCHOBANOGLOUS, G. *Aquatic plants systems for water treatment; Engineering considerations*. In: Reddy, K. R. & Smith, W. H. Aquatic plants for water treatment and resource and recovery. Orlando, Magnolia, 1987. 27-48 p.
- THABARAGI, G. J. *Aquatic treatment in Florida: Prospects and constraints*. In: Reddy, K. R. & Smith, W. H. Aquatic plants for water and resource and recovery. Orlando, Magnolia, 1987. 987-996 p.
- TORNISIELO, V. L.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, N. S.; FURLAN, G. R. Absorpyion of labelled mercury (<sup>203</sup>Hg) by water hyacinth *Eichornia*

- crassipes (Mart.) Solms.* In: SEMINARIO SOBRE O USO DE MACROFITAS NO CONTROLE DE POLUIÇÃO DA AGUA. Piracicaba, CENA, 1986. p. 176-81.
- WOLVERTON, B.C. Water hyacinths for removal of cadmium and nickel from polluted waters. *NASA technical memorandum, USA, TM - X72722*: 13-5, 1975a.
- ④ WOLVERTON, B.C. & Mac Donald, R. C. Water hyacinths and alligator weeds for removal of lead mercury from polluted waters. *NASA technical memorandum, USA, TM - X - 72723*: 10 - 2, 1975a.
- WOLVERTON, B.C. & Mac Donald, R. C. Water hyacinths and alligator weeds for removal of silver, cobalt, and strontium from polluted waters. *NASA technical memorandum, USA, TM - X - 72727*: 9 - 11, 1975b.
- WOLVERTON, B.C. Water hyacinth for removal of phenols from polluted waters. *NASA technical memorandum, USA, TM - X - 72722*: 12 - 5, 1975b.
- WOLVERTON, B.C. Engineering design data for small vascular aquatic plant waste water treatment systems. *NASA, NSTL Station, Mississippi 39529*, 1979.