

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO POR LAGOAS DE
ESTABILIZAÇÃO COM CHICANAS**

Marcos Roberto Shoiti Takeuti

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – Ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Tsunao Matsumoto

ILHA SOLTEIRA – SP
outubro, 2003

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus por ter me dada saúde e força para que não desanimasse nunca nesta etapa de minha vida.

Aos meus pais, pelo carinho e sacrifícios que fizeram para ajudar minha vida acadêmica e pessoal.

Ao meu professor e orientador Prof. Dr. Tsunao Matsumoto por ser sempre uma pessoa prestativa ajudando me a visualizar um pouco mais adiante, agradeço também por sua orientação nessa pesquisa e pela confiança depositada em mim.

Aos meus amigos Daniel, Francisco, Juliana, Michelly, Rômulo, Thaís e Tibério pela amizade e companheirismo nesta fase de minha vida.

Aos meus amigos Humberto, Aline, Roberto e Henrique que me ajudaram no laboratório de saneamento e também nos momentos difíceis.

Aos meus amigos da CASOFA pela força e energia que me enviaram durante todo este tempo.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Civil em especial aos professores: Prof. Mestre Dib Gebara, Prof. Dr José Augusto de Lollo e Prof. Milton Dall'Aglia Sobrinho.

Ao Sistema Autônomo de Abastecimento de Águas (SAAE) de Santa Fé do Sul, pela permissão da utilização da Estação de Tratamento de Esgoto, local da pesquisa deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo o monitoramento e avaliação da eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na cidade de Santa Fé do Sul - SP, e a comparação dos resultados auferidos com ETEs da região.

A Estação de Tratamento de Esgoto de Santa Fé do Sul investigada era composta de uma lagoa anaeróbia seguida por uma lagoa facultativa com 3 (três) divisores de fluxo (chicanas) paralelos, formando 4 (quatro) canais paralelos dentro da mesma, seguida por uma lagoa de maturação com apenas 1 (um) divisor de fluxo (chicanas) formando 2 (dois) canais paralelos, formando chicanas do tipo vai e vem.

O monitoramento foi realizado no período de novembro de 2000 a junho de 2003. Os ensaios de investigação dos parâmetros de controle foram realizados em duas etapas, sendo a primeira etapa com quatro pontos de coletas realizadas quinzenalmente, no período de novembro de 2000 a junho de 2002, e a segunda etapa, com oito pontos de coletas com frequência semanal, no período de março a junho de 2003.

Os parâmetros investigados no monitoramento foram: DBO (mg/L), DQO (mg/L), OD, Temperatura (°C), pH, Sólidos Totais (mg/L), Sólidos Suspensos Totais (mg/L), Coliformes Totais (NMP/100mL) e Coliformes Fecais (NMP/100mL) das amostras coletadas em pontos de interesse ao longo das lagoas da ETE conforme etapas de investigação.

Os parâmetros investigados e analisados na ETE durante o período de monitoramento foram animadores, apresentando valores de eficiência de remoção dos mesmos melhores em comparação as das ETEs da região.

Palavras Chave: Lagoa de Estabilização, Lagoa com Chicana, Tratamento de Esgoto.

ABSTRACT

This work had as objective the accompaniment and evaluation of the efficiency of the Sewage Treatment Station of Santa Fé do Sul city, São Paulo state, Brazil, and the comparison of the obtained results with others stations of the same region.

The station are composed with stabilization ponds. The first pond is anaerobic, followed by one facultative pond, with three parallel flow divisors (baffle), forming four parallel channels. This pond is followed by a maturation pond, with only one flow divisor (Baffle), forming two parallel channels.

The accompaniment was accomplished in the period of november from 2000 to june of 2003. The chemical and bacteriological tests of investigation were accomplished in two stages. In the the first stage, the samples are collected in four different points every fifteen days, in the period of november of 2000 to june of 2002. In the second stage, the samples are collected in eighth different points every seven days, in the period of march to june of 2003.

The parameters investigated in the accompaniment were: Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO), Temperature (T), pH, Total Solids (TS), Total Suspended Solids (TSS), Total Coliforms, and Faecal Coliforms. The samples was collected in strategical points in the ponds, according to investigation stages.

The investigated and analyzed parameters in station during the accompaniment period were exciting, presenting better values of efficiency of removal of pollutants in comparison with others stations of the region.

Keywords: Stabilization Ponds, Baffle Ponds, Municipal Sewage Treatment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	01
2 OBJETIVO.....	03
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3.1 Lagoa de Estabilização.....	04
3.1.1 Fatores que afetam o funcionamento das lagoas de estabilização.....	06
3.1.1.1 Fatores naturais não controláveis.....	06
3.1.1.2 Fatores Físicos.....	13
3.1.1.3 Fatores Químicos.....	14
3.2 Tipos de Lagoas de Estabilização.....	15
3.2.1 Lagoa Anaeróbia.....	16
3.2.2 Lagoa Facultativa.....	16
3.2.3 Lagoa de Maturação.....	18
3.3 Lagoas com Divisores de Fluxo (chicanas).....	19
3.4 Desempenho de ETE com Lagoas de Estabilização na Região (Bacia Hidrográfica de São José dos Dourados).....	28
3.5 Outras lagoas com chicanas em Operação.....	30
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1 Localização da Estação de Tratamento de Esgoto.....	32
4.2 Descrição das Lagoas de Estabilização da ETE.....	33
4.3 Local e Descrição dos pontos de coleta das amostras.....	35
4.4 Parâmetro de Monitoramento e Análises Laboratoriais.....	40
4.5 Frequência de Coleta.....	41
5 RESULTADOS.....	42
5.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	42
5.2 Demanda Química de Oxigênio.....	49

5.3 Sólidos Totais.....	55
5.4 Sólidos Suspensos Totais.....	58
5.5 Sólidos Sedimentáveis.....	61
5.6 Coliformes Totais.....	63
5.7 Coliformes Fecais.....	64
5.8 Oxigênio Dissolvido.....	66
5.9 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	68
5.10 Temperatura (°C).....	71
 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	 74
 7 PROBLEMAS OPERACIONAIS ENCONTRADOS.....	 77
 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	 81
 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	 84
 10 ANEXOS.....	 87

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 3.1- Vento no sentido jusante a montante.....	07
FIGURA 3.2- Vento no sentido montante a jusante.....	08
FIGURA 3.3- Estratificação e Mistura de Lagoas.....	10
FIGURA 3.4- Esquema simplificado de uma Lagoa Facultativa.....	17
FIGURA 3.5- Lagoa de Estabilização com Chicanas.....	21
FIGURA 3.6- Lagoa de Estabilização sem Chicanas.....	22
FIGURA 3.7- Arranjo do sistema de Lagoas Facultativas-Lagoas de Maturação..	23
FIGURA 3.8- Arranjo do sistema de Lagoas Facultativas.....	24
FIGURA 3.9- Esquema da ETE de Samambaia.....	30
FIGURA 4.1- Localização da cidade de Santa Fé do Sul.....	32
FIGURA 4.2- ETE de Santa. Fé do Sul em fase de construção.....	34
FIGURA 4.3- Esquema da ETE de Santa Fé do sul	34
FIGURA 4.4- Caixa de passagem da Lagoa Anaeróbia (ponto 01).....	35
FIGURA 4.5- Saída da Lagoa Anaeróbia.....	36
FIGURA 4.6- Caixa de Distribuição múltipla (ponto 02).....	36

FIGURA 4.7- Saída da Lagoa Facultativa c/ Chicanas (ponto 03).....	37
FIGURA 4.8- Saída da Lagoa de Maturação (ponto 04).....	37
FIGURA 4.9- 1ª Curva da Lagoa Facultativa (ponto 2.1).....	38
FIGURA 4.10- 2ª Curva da Lagoa Facultativa (ponto 2.2).....	38
FIGURA 4.11- 3ª Curva da Lagoa Facultativa (ponto 2.3).....	39
FIGURA 4.12- Curva da Lagoa de Maturação (ponto 3.1).....	39
FIGURA 5.1- Valores de DBO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de novembro de 2000 a junho de 2002.....	43
FIGURA 5.2- Valores de DBO nos pontos 2 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período de novembro de 2000 a junho de 2002.....	43
FIGURA 5.3- Valores de DBO nos pontos 3 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período de novembro de 2000 a junho de 2002.....	44
FIGURA 5.4- Valores de DBO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	46
FIGURA 5.5- Valores de DBO nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período de março a junho de 2003.....	47
FIGURA 5.6- Valores de DBO nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período de março a junho de 2003.....	47
FIGURA 5.7- Transbordamento da 1ª célula da lagoa facultativa.....	49

FIGURA 5.8- Valores de DQO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período novembro de 2000 a junho de 2002.....	50
FIGURA 5.9-- Valores de DQO nos pontos 2 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período novembro de 2000 a junho de 2002.....	50
FIGURA 5.10- Valores de DQO nos pontos 3 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período novembro de 2000 a junho de 2002.....	51
FIGURA 5.11- Valores de DQO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	53
FIGURA 5.12-- Valores de DQO nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período de março a junho de 2003.....	54
FIGURA 5.13- Valores de DQO nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período de março a junho de 2003.....	54
FIGURA 5.14- Valores de sólidos Totais nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	56
FIGURA 5.15-- Valores de sólidos Totais nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período de março a junho de 2003.....	56
FIGURA 5.16- Valores de sólidos Totais nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período de março a junho de 2003.....	57
FIGURA 5.17- Valores de sólidos Suspensos Totais nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	59

FIGURA 5.18- Valores de sólidos Suspensos Totais nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.....	59
FIGURA 5.19- Valores de sólidos Suspensos Totais nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março a junho de 2003.....	60
FIGURA 5.20- Valores de Sólidos Sedimentáveis nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	61
FIGURA 5.21- Valores de Sólidos Sedimentáveis nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	61
FIGURA 5.22- Valores de Sólidos Sedimentáveis nos pontos 3, 3.1 e 4.(entrada e saída na lagoa de maturação), no período de março a junho de 2003.....	62
FIGURA 5.23- Valores de Coliformes Totais nos pontos 1, 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3, 3.1 e 4, no período de abril a junho de 2003.....	63
FIGURA 5.24- Valores de Coliformes Fecais nos pontos 1, 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3, 3.1 e 4, no período de abril a junho de 2003.....	65
FIGURA 5.25- Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	66
FIGURA 5.26- Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.....	67
FIGURA 5.27- Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março a junho de 2003.....	67

FIGURA 5.28- Valores de pH nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	69
FIGURA 5.29- Valores de pH nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período de março a junho de 2003.....	69
FIGURA 5.30- Valores de pH nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período de março a junho de 2003.....	70
FIGURA 5.31- Valores de Temperatura nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.....	71
FIGURA 5.32- Valores de Temperatura nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período de março a junho de 2003.....	72
FIGURA 5.33- Valores de Temperatura nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação,) no período de março de junho de 2003.....	72
FIGURA 7.1- Vegetação terrestre ao redor da Lagoa Anaeróbia.....	77
FIGURA 7.2- Vegetação aquática no talude da Lagoa de Maturação.....	77
FIGURA 7.3- Traspasse da 1ª para a 2ª célula da Lagoa Facultativa.....	79
FIGURA 7.4- Excesso de algas mortas (Lagoa de Maturação).....	79
FIGURA 7.5- Excesso de algas mortas (Lagoa Facultativa).....	80
FIGURA 7.6- Divisores de Fluxo (Lagoa Facultativa).....	80

ÍNDICES DE QUADRO

QUADRO 3.1- Comparação entre duas alternativas22

QUADRO 3.2- Característica físicas do sistema experimental.....24

ÍNDICES DE TABELAS

TABELA 3.1- Reatores mais freqüentemente utilizados e suas características ...20

TABELA 3.2- Eficiência de remoção (%) de DBO₅, DQO, SS e CF.....25

TABELA 4.1- Métodos e Equipamentos empregados para análises físico-químicos e Microbiológicos. Variáveis analisadas nos pontos de coleta da ETE de Santa Fé do Sul.....40

TABELA 4.2- Parâmetros físico-químicos analisados em cada amostra e freqüência de coleta (período de Novembro de 2000 a Junho de 2002).....41

TABELA 4.3 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados em cada amostra e freqüência de coleta (período de Março de 2003 a Junho de 2003).....41

TABELA 5.1- valores de DBO (mg/L) Novembro de 2000^a junho de 2002.....45

TABELA 5.2 - valores de DBO (mg/L) de Março a Junho de 2003.....48

TABELA 5.3 - valores de DQO (mg/L) Novembro de 2000 a junho de 2002.....52

TABELA 5.4- valores de DQO (mg/L) de março a Junho de 2003.....55

TABELA 5.5- valores de Sólidos Totais (mg/L) de Março a Junho de 2003.....	57
TABELA 5.6- valores de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) de Março a Junho de 2003.....	60
TABELA 5.7- Valores de Sólidos Sedimentáveis de março a junho de 2003.....	62
TABELA 5.8- Valores de Coliforme Totais de Abril a Junho de 2003.....	64
TABELA 5.9- Valores de Coliforme Fecais de Abril a Junho de 2003.....	65
TABELA 5.10- Valores de Oxigênio Dissolvido de Março a Junho de 2003.....	68
TABELA 5.11- Valores de pH de Março a Junho de 2003.....	70
TABELA 5.12 Valores de Temperatura de março a junho de 2003.....	73
TABELA 6.1- Comparação da Remoção da DBO entre Projeto e Real.....	74

1. Introdução

A crescente urbanização e aglomeração da população nas cidades e núcleos urbanos têm levado ao agravamento das condições ambientais, tornando cada vez mais inadequadas as condições de vida, devido à poluição dos mananciais e corpos receptores das proximidades.

Para evitar a poluição dos mananciais superficiais e das águas subterrâneas é necessário submeter às águas residuárias a tratamento antes de seu lançamento nos mesmos, o que poderá reduzir ou mesmo eliminar a disseminação de doenças de veiculação hídricas (Silva et al, 2000).

O tratamento de esgoto doméstico consiste, basicamente, na modificação das características físico-químicas e biológicas dos mesmos, de tal forma que os elementos remanescentes possam ser lançados em corpos receptores respeitando os padrões exigidos pelos órgãos de controle de poluição ambiental, ou até mesmo serem reutilizados em outras atividades menos exigentes tais como: aguar parques municipais, campos esportivos e lavagem de ruas.

Dos mais variados processos de tratamento de águas residuárias existentes, inclui-se a depuração biológica da matéria orgânica promovida especialmente pela combinação de microrganismos (bactérias e algas) em produtos mais simples e estáveis como sais minerais, gás carbônico e água (Branco, 1986).

Dentre os variados métodos e sistemas de tratamento de águas residuárias existentes, as lagoas de estabilização constituem-se em uma das mais importantes alternativas de tratamento devido ao baixo custo de operação e manutenção, pois não requer mão de obra altamente especializada para tal.

Na região noroeste do Estado de São Paulo (clima de cerrado), as condições primordiais para a escolha dos sistemas de tratamento de águas residuárias, são: as temperaturas elevadas, radiações solares, dias pouco nublados ou encobertos (propícias para instalação de lagoas de estabilização) e por serem a forma mais simples para o tratamento de esgoto. Pode-se mencionar que nesta região as cidades, na sua

maioria, são de pequeno a médio porte nas quais os custos de implantação e operação da Estação de Tratamento Esgoto (ETE) são fatores bastante relevantes na escolha do sistema de tratamento de esgoto doméstico.

Por este motivo na região em estudo as lagoas de estabilização são largamente utilizadas como ETE. Assim, a ETE estudada apresenta uma peculiaridade na sua forma em relação à maioria das ETEs, por lagoas de estabilização, implantadas na região devido as lagoas facultativa e de maturação possuírem divisores de fluxo (chicanas), colocadas no intuito de melhorar a eficiência na remoção de carga orgânica e redução de coliformes fecais.

Desta forma, ETEs como a estudada no presente trabalho, são poucas em operação em escala real no Brasil, podendo citar por exemplo as unidades de Brasília, DF e a de Florianópolis, SC.

Por esta razão, criou-se a motivação de estudar a referida ETE, no intuito de verificar as reais condições de funcionamento e a sua eficiência em relação aos demais sistemas de tratamento de esgoto implantado na região.

As informações contidas neste trabalho podem ser de grande importância para futuras instalações de sistemas semelhante no que tange à implantação, operação e manutenção de ETE com chicanas na região, pois uma vez que as recomendações presentes neste trabalho poderão contribuir na melhoria na operacionalização de ETE para as concessionárias de serviços de saneamento que vierem a adotar sistemas semelhantes.

2. Objetivos

Um dos objetivos desta pesquisa foi estudar a eficiência de remoção da carga orgânica e bacteriológica do efluente da ETE de Santa Fé do Sul, SP.

Para atingir o objetivo proposto, foram avaliados os seguintes aspectos:

- A variação da remoção da DBO e DQO no sistema;
- A variação da remoção de Coliformes Fecais e Totais entre a entrada e saída do sistema;
- A variação de Sólidos Totais e Suspensos entre as unidades em todo sistema.

Com os resultados das avaliações, determinou-se a eficiência do tratamento de sistemas de lagoas de estabilização com divisores de fluxo (chicanas) em escala real.

Como um segundo objetivo, realizou-se a comparação da eficiência de remoção com outra ETE.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Lagoas de Estabilização

“As lagoas de estabilização constituem um processo biológico de tratamento de águas residuárias que caracterizam pela simplicidade, eficiência e baixo custo” (Matsushita, S.D., apud Kellner & Pires, 1998).

“...sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas.” (Pessoa & Jordão, 1982 apud Kellner & Pires, 1998).

“... lagoas de estabilização são açudes dentro dos quais o esgoto flui, entrando e saindo após um período de retenção definido. O tratamento conta apenas com os processos naturais de purificação biológica que ocorrem em qualquer corpo natural de água. Nenhuma energia externa, além daquela originada da luz solar, é requerida para a operação.” (Mara e colaboradores, 1992 apud Kellner & Pires, 1998).

“Lagoas de estabilização são tanques construídos de terra, de profundidade reduzida (< 5m), desenhados para tratamento de águas residuárias, por meio da interação da biomassa (algas, bactérias, protozoários, etc.)” (Yanez, 1993).

“As lagoas de estabilização são grandes tanques de pequena profundidade, definidas por diques de terra, e nas quais as águas residuárias brutas são tratadas inteiramente por processos naturais, envolvendo algas e bactérias. (Silva & Mara 1979)”.

Uehara & Vidal (1989), von Sperling (1996) além de Gloyna (1971) e Cubillos (1986) apud Kellner & Pires (1998), têm incluído as lagoas aeradas mecanicamente entre as lagoas de estabilização, conforme nas definições supracitadas. Embora este tipo de lagoa promova a estabilização dos esgotos, ela difere nas características básicas das lagoas de estabilização propriamente ditas, pois trata-se de uma lagoa

aerada mecanicamente, obtendo uma certa quantidade de oxigênio introduzido na massa líquida, com o auxílio de equipamentos mecânicos, independente da hora e do dia ou estação do ano, tornando-se possível, desta maneira, manter quase constantes os níveis de oxigênio dissolvido (OD) e o pH do meio (Kellner & Pires, 1998).

Kellner & Pires (1998), define, como lagoas de estabilização, somente as lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação.

O regime hidráulico do reator (lagoa) tem grande influência na eficiência do sistema. Segundo von Sperling (1996), o regime hidráulico em uma lagoa de estabilização não segue exatamente os modelos ideais de reatores de mistura completa ou fluxo em pistão, mas sim um modelo intermediário de fluxo disperso, onde o reator de mistura completa representa um extremo (dispersão longitudinal infinita), enquanto o reator de fluxo em pistão representa o outro extremo (dispersão longitudinal nula), enquanto que o reator de fluxo disperso situa-se entre estes extremos.

A modelagem de uma lagoa segundo fluxo disperso é complexa, pelo fato de necessitar dos parâmetros coeficiente de remoção da DBO e número de dispersão, o que não ocorre nos modelos anteriores, que só necessita do conhecimento do coeficiente de remoção da DBO (von Sperling, 1996).

A estimativa do número de dispersão para o projeto de uma lagoa, permite aos projetistas condições mais seguras para a escolha dos modelos de dimensionamento. Mas o maior obstáculo na estimativa deste número para projeto, reside no fato da mesma ainda não existir (Kellner & Pires, 1998).

Kellner & Pires (1998) citam que uma das soluções seria realização de um ensaio em uma lagoa semelhante existente àquela a ser projetada (posicionamento da lagoa em relação aos ventos predominantes, distribuição mensal das temperaturas, população atendida). Assim, Kellner & Pires (1998) concluíram que este tipo de solução não é fácil, e que na maioria das vezes é inviável. Recorre-se então a modelos matemáticos, cabendo aos projetistas a escolha do melhor modelo.

O projetista deve escolher o modelo que irá utilizar no seu projeto, observando se o modelo escolhido foi construído para situações semelhantes ao do seu projeto. Pois a maioria dos modelos matemáticos disponíveis serem expressões obtidas de

ajustes de resultados experimentais. E como são muitas as variáveis que influenciam no comportamento hidrodinâmico, não existe equação única capaz de prever o número de dispersão para todos os tipos de lagoas existentes.(Kellner & Pires, 1998).

Kellner & Pires (1998), apresentaram três modelos distintos de previsão de numero de dispersão propostos por: Polprasert & Batharai, Agunwamba et al e Yanez, elaborados a partir de um número elevado de dados experimentais, de tal forma que os valores encontrados permitem ser aplicados para várias situações.

3.1.1 Fatores que afetam o funcionamento das lagoas de estabilização

Segundo Uehara & Vidal (1989), as condições hidráulicas e biológicas que tomam parte no processo de tratamento dos esgotos através das lagoas de estabilização, podem ser afetadas por uma série de fatores. Alguns deles são levados em conta no projeto e outros, em função de sua natureza incontrollável, devem, na medida do possível, ser criteriosamente considerados de modo a serem minimizadas suas interferências no funcionamento das lagoas, tais como:

- Fatores Naturais não controláveis;
- Fatores Físicos;
- Fatores Químicos.

3.1.1.1 Fatores naturais não controláveis

Uehara & Vidal (1989) citam que os fatores não controláveis pelo homem são representados pelos fenômenos meteorológicos e por variáveis locais, a saber:

Ventos

Uehara & Vidal (1989) citam que em lagoas de estabilização onde o espelho de água é superior a 10 ha, a formação de ondas pela ação dos ventos pode causar erosão nos taludes internos. A prevenção desses efeitos é feita protegendo 30 cm abaixo e acima dos níveis mínimos e máximos de operação.

Os ventos exercem papel importante na homogeneização da massa líquida, permitindo um maior contato do esgoto afluente com os microrganismos existentes nas lagoas. Auxiliam na movimentação das algas, principalmente aquelas espécies desprovidas de movimentos próprios e consideradas grandes produtoras de oxigênio, como as algas verdes do gênero *Chlorella*.

Quando da ocorrência da estratificação térmica nas lagoas, estabelece-se um termoclima pronunciado (região onde predominam os maiores gradientes de temperaturas) e as algas não-móveis podem tornar-se mais densas que o meio líquido das camadas superficiais mais aquecidas. Em decorrência desta, as algas afundam gradativamente, saindo da zona fótica e perdendo, conseqüentemente, suas chances de sobrevivência.

A turbulência provocada pelo vento pode também favorecer a formação de curtos-circuitos nas lagoas. Recomenda-se que, na localização dos dispositivos de entrada e saída dos fluxos em relação a direção dos ventos predominantes ocorra de jusante para montante, como mostra a Figura 3.1 (Kellner & Pires (1998)).

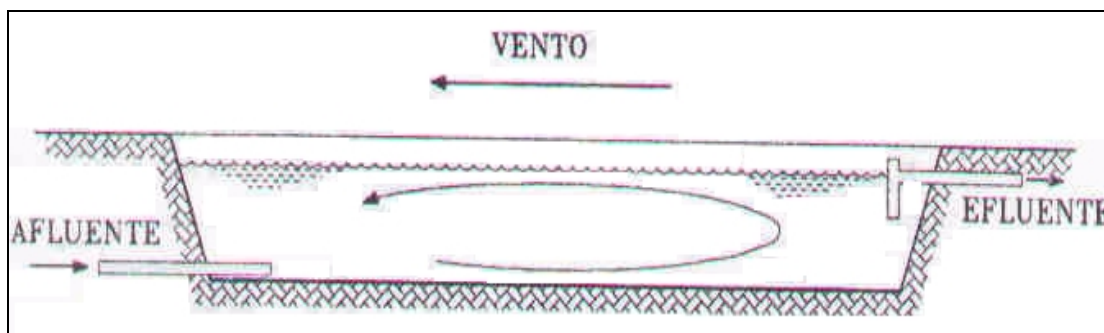


Figura 3.1 – Vento soprando no sentido de jusante a montante.
Fonte – Kellner & Pires (1998)

A Figura 3.2 demonstra o vento soprando no sentido de montante a jusante, e isto poderá causar um efeito indesejável, com a possibilidade do vento contribuir na formação do curto circuito, acelerando a saída do afluente e diminuir o tempo de detenção hidráulico (Kellner & Pires, 1998).

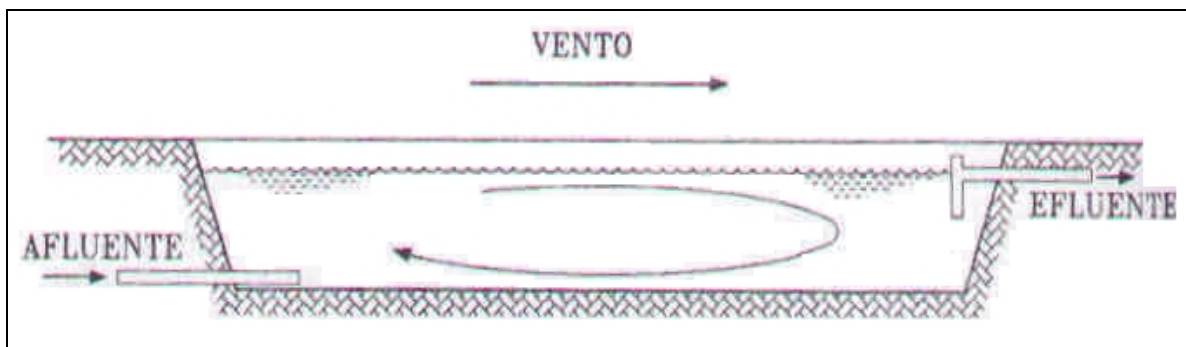


Figura 3.2 – Vento soprando no sentido montante a jusante.

Fonte – Kellner & Pires (1998)

Segundo Kellner & Pires (1998), se o projetista optar pela construção da lagoa nessas condições, deve projetar os dispositivos de entrada e saída de tal forma que ocorra boa mistura inicial do afluente com a água contida na lagoa. Dessa forma, pode evitar que o afluente recém chegado seja carregado rapidamente para a saída da lagoa.

Segundo von Sperling (1996), para maximizar a influência do vento, a lagoa não deverá ser cercada por obstáculos naturais ou artificiais que obstruam o acesso do vento. Da mesma forma, a lagoa não deverá ter um contorno muito irregular, que dificulte a homogeneização dos efluentes nas áreas mais periféricas com o corpo principal da lagoa.

Temperatura

Segundo Uehara & Vidal (1989), a temperatura é um parâmetro incontrollável e de grande importância para o bom funcionamento de uma lagoa de estabilização, a

temperatura relaciona-se com a radiação solar e afeta tanto a velocidade da fotossíntese quanto a do metabolismo das bactérias responsáveis pela depuração dos esgotos.

A atividade biológica decresce à medida que a temperatura abaixa, podendo-se desta maneira prever que, uma queda de 10°C na temperatura reduzirá a atividade microbiológica pela metade.

Uehara & Vidal (1989) afirmam que a atividade de fermentação anaeróbia do lodo não ocorre significativamente em temperaturas abaixo de 17°C e que a partir de 30°C a fermentação intensifica-se a tal ponto que os gases produzidos poderão arrastar para a superfície placas de lodo da camada do fundo em lagoas de 1m a 2m de lâmina líquida.

A temperatura influi diretamente no predomínio de uma espécie de alga sobre outra e, em consequência, sobre o oxigênio fotossintético produzido. Segundo Oswald apud Uehara & Vidal (1989), as algas podem desenvolver-se bem numa faixa ampla de temperatura que varia dos 4°C até os 40°C. A produção ótima de oxigênio ocorre em torno dos 20° - 25°C. A partir de temperaturas próximas de 35°C, a atividade fotossintética das algas decresce, pois as *Chlorophytas* (algas verdes) tendem a diminuir ou desaparecer e as *Euglenophytas* (Euglenas) passam a predominar. Acima dos 35°C, prevalecem as *Cyanophytas* (algas azuis) e, particularmente, as *Oscillatoriales*.

Os melhores rendimentos da lagoa de estabilização ocorrem quando há condições para uma boa atividade de radiação solar – dia ensolarado, céu sem nuvens, temperatura ambiente acima de 20°C e ventos moderados.

Dinâmica de Estratificação e Mistura de Lagoas

A lagoa de tratamento está também sujeita a estratificação térmica, onde a camada superior (quente) não mistura com a inferior (fria). À medida que se aprofunda na lagoa ocorre um ponto em que há um decréscimo de temperatura, acompanhado por

um elevado acréscimo de densidade e viscosidade, ponto este denominado de termoclina. Aparecem então duas camadas distintas: a superficial (densidade menor) e a do fundo (densidade maior), que não se misturam (von Sperling, 1996).

A estratificação poderá ser quebrada por meio de um mecanismo de mistura natural, denominado de inversão térmica (ver Figura 3.3). Nas lagoas tropicais estratificadas, a inversão térmica pode ocorrer no período frio (inverno). Em lagoas de pequena profundidade, como lagoas de estabilização, a mistura pode ocorrer uma vez por dia, de acordo com a seguinte seqüência (von Sperling, 1996).

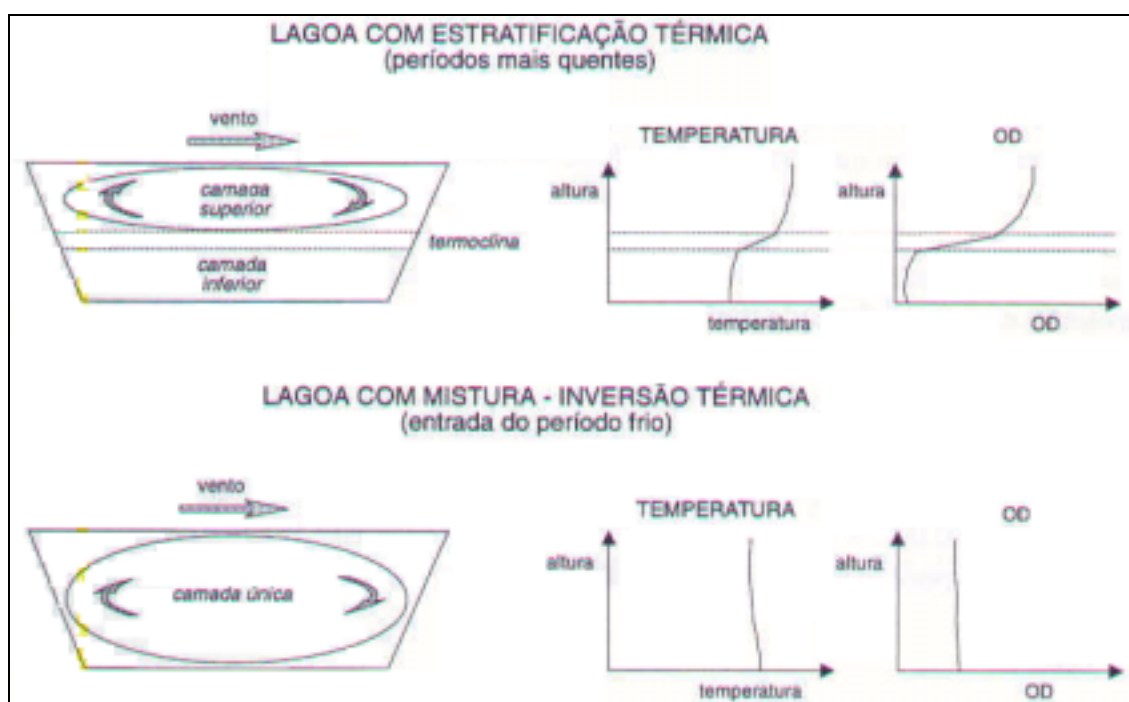


Figura 3.3 – Estratificação e Mistura de Lagoas
Fonte – Von Sperling (1996)

- Início da manhã, com vento. Mistura completa. A temperatura é uniforme ao longo da profundidade.
- Meio da manhã, com sol e sem vento. Aumento da temperatura na camada superficial (acima da termoclina). A temperatura no fundo

(abaixo da termoclina) varia um pouco, sendo influenciada pela temperatura no solo. Estratificação.

- Início da noite, sem vento. A camada acima da termoclina perde calor mais rapidamente do que a camada de fundo. Caso as temperaturas das camadas se aproximem, ocorre a mistura.
- Noite, com vento. O vento auxilia na mistura das camadas. A camada superior afunda, e a inferior se eleva.

Precipitações Pluviométricas

Segundo Uehara & Vidal (1989) a precipitação da água de chuva diretamente na área do espelho de água não tem provocado efeitos duradouros ou prejuízos mensuráveis nas lagoas de estabilização. Todavia, a admissão de águas pluviais nas redes coletoras de esgotos quase sempre provoca uma diluição das águas residuárias, diminuição do tempo de detenção, mudanças súbitas na temperatura da massa líquida, arrastes significativos da população das algas, carreamento de materiais inorgânicos (argila) e, conseqüentemente, uma redução ou até anulação temporária do rendimento de uma lagoa.

Quando essas intromissões indevidas na rede de esgotos não podem ser eliminadas, as lagoas devem ser providas de caixa de alimentação com extravasor lateral para desviar, ao curso de água receptor, as contribuições que excedem a capacidade de tratamento da instalação. Para conter enxurradas, as lagoas devem ser dotadas de valas diversoras de águas pluviais, que deverão ser mantidas limpas e conservadas.

Evaporação

Segundo Uehara & Vidal (1989) a evaporação poderá provocar uma redução da altura da lâmina da água a níveis desaconselháveis para a operação, propiciando o desenvolvimento de vegetações emergentes e um menor tempo de detenção. Já uma intensa evaporação da água de uma lagoa de estabilização poderá, teoricamente, produzir um aumento da salinidade no meio, com efeitos nocivos aos processos osmóticos nas paredes celulares dos microrganismos e, conseqüentemente, ao equilíbrio biológico. Dos levantamentos climatológicos – temperatura, precipitação e evaporação – disponíveis no Brasil, verifica-se que a influência da evaporação na eficiência do funcionamento das lagoas pode ser considerada desprezível, à exceção de regiões quentes e áridas localizadas no Nordeste do País.

Radiação Solar

A radiação solar intensa resulta em altas temperaturas e intensidades solares mais adequadas para a operação de lagoas de estabilização, uma vez que contribui na produção de oxigênio através da fotossíntese. E a quantidade de luz solar disponível auxilia a determinar a área e a profundidade necessárias para uma operação adequada.

Segundo Uehara & Vidal (1989) a profundidade de penetração da radiação solar determina qual o volume da lagoa que participa na produção de oxigênio e, portanto, qual a profundidade ótima de operação. De modo geral, boas condições de crescimento de algas e de dispersão de oxigênio acontecem nos primeiros 0,60 m de profundidade da lagoa.

3.1.1.2 Fatores Físicos

São fatores que normalmente podem ser controlados pelo homem e geralmente estão relacionados com projetos das lagoas, a saber:

Área Superficial

O tamanho da lagoa de estabilização é determinado pela área de espelho de água adotada no projeto. Para lagoas anaeróbias (item 3.2.1) o dimensionamento da área superficial é em função de taxas volumétricas ou a partir de tempo de detenção previamente fixados, e o critério para lagoas facultativas (item 3.2.2) é definido pela carga de esgotos nelas aplicadas.

Para determinados tipos de lagoas de estabilização, a área superficial necessariamente deverá ser menor, para que não haja grande exposição solar, como exemplo, as lagoas anaeróbias.

Para lagoas de estabilização como as lagoas facultativas, existe a necessidade de uma grande área superficial, pois a mesma deve ser exposta à luz solar para que ocorra o processo de fotossíntese. O objetivo de se garantir a fotossíntese e, indiretamente, o crescimento de algas, é o de se ter uma produção de oxigênio suficiente para suprir a demanda de oxigênio (von Sperling, 1996).

Mistura

A distribuição de esgotos na lagoa deve ser a mais uniforme possível para ser utilizada da melhor maneira todo o volume da lagoa, aproximando-se assim, a detenção real daquela teoricamente prevista em projeto. Este procedimento serve para evitar o

surgimento de correntes preferenciais, curtos circuitos e zonas mortas (Uehara & Vidal 1989).

A ocorrência de curtos circuitos nas lagoas conduzirá na formação de espaços mortos e na redução da área efetiva de tratamento. Com isso poderá surgir a formação de maus odores devido a sobrecargas não propositas e a diminuição na eficiência de tratamento dos esgotos.

De acordo com Silva & Mara (1979), os dois mais importantes fatores que influenciam o grau de mistura numa lagoa de estabilização são o vento e calor, pois a mistura realiza algumas funções que são vitais numa lagoa, por exemplo, minimizar a possibilidade da ocorrência de curtos circuitos, formação de zonas estagnadas, e asseguram uma razoável e uniforme distribuição no sentido vertical da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), algas e oxigênio.

Segundo Silva & Mara (1979), a mistura é o único meio pelo qual o grande número de algas não motoras podem ser transportadas para dentro da zona de penetração da luz (zona fótica) e, como a zona fótica compreende somente uma camada com espessura variando de 15 a 30 cm a partir da superfície, a maior parte do conteúdo da lagoa permanece permanentemente no escuro, se não houver mistura.

Para determinados tipos de lagoas de estabilização, a mistura é um dos fatores primordiais para um bom funcionamento e eficiência, podendo a mistura ser natural como ocorre em lagoas facultativas.

3.1.1.3 Fatores Químicos

Fatores como pH e materiais tóxicos são alguns fatores químicos indicativos do funcionamento de lagoas de estabilização.

O teste de pH indica que uma lagoa está ácida ou alcalina, pois as lagoas de estabilização necessitam de um meio ambiente ligeiramente ácido ou alcalino de acordo com o sistema para qual foi projetado.

A variação do pH em uma lagoa de estabilização indicará se a lagoa tem funcionado de maneira satisfatória ou não. Pois a presença de maus odores com grande intensidade e persistência, em uma lagoa anaeróbia com mais de três meses de funcionamento, indica que ela está atravessando uma fase de fermentação ácida (Uehara & Vidal 1989).

O pH elevado juntamente com outros fatores, favorecem na diminuição ou mortandade das bactérias entéricas

Segundo Uehara & Vidal (1989) comparadas aos sistemas convencionais de tratamento biológico dos esgotos, as lagoas de estabilização têm demonstrado suportar cargas elevadas de substâncias tóxicas, principalmente se não são lançadas bruscamente, isto é, quando ocorre um período de aclimação dos microrganismos presentes na lagoa para absorver as toxinas.

Em uma eventual presença de substâncias tóxicas no esgoto afluente das lagoas, este problema, embora possa ser abrandado ou até mesmo anulado por uma operação bem dirigida, deve ser resolvido na origem, ou seja, o operador deve notificar o fato ao órgão estadual de controle de poluição.

3.2 Tipos de Lagoas de Estabilização

Embora existem várias classificações de lagoas, serão definidas como lagoas de estabilização as citadas por Kellner & Pires (1998), a saber:

- Lagoa Anaeróbia;
- Lagoa Facultativa;
- Lagoa de Maturação.

3.2.1 Lagoa Anaeróbia

A responsabilidade do tratamento primário dos esgotos é das lagoas anaeróbias, pois estas são dimensionadas para receber cargas orgânicas elevadas, o que impede a existência de OD no meio líquido. Não havendo OD em seu meio líquido, a matéria orgânica presente na lagoa anaeróbia é digerida anaerobiamente (Kellner & Pires, 1989).

Normalmente a profundidade dessas lagoas varia de 2,5 a 5,0m (Yanez, 1993), 3,0 a 4,5m (Kellner & Pires, 1998), 2,5 a 4,5m (Uehara & Vidal, 1989) ou da ordem de 4,0 a 5,0m (von Sperling, 1996) e o tempo de detenção hidráulico preconizado é no mínimo de 3 dias. Esses valores possibilitam o processo de degradação anaeróbia da matéria orgânica com um mínimo de odor e uma previsão para o acúmulo de lodo.

Segundo von Sperling (1996), as lagoas anaeróbias não requerem qualquer equipamento especial e têm um consumo de energia praticamente desprezível. A eficiência de remoção de DBO nas lagoas anaeróbias é na ordem de 50 a 60%.

Na etapa anaeróbia sempre existe uma preocupação, a de geração e exalação de maus odores. Se o sistema estiver em equilíbrio esta possibilidade é reduzida, mas se houver problemas operacionais poderá ocorrer liberação de gás sulfídrico, responsáveis por odores fétidos (von Sperling, 1996).

3.2.2 Lagoa Facultativa

Segundo von Sperling (1996), as lagoas facultativas primárias são a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização. Basicamente, o processo consiste na retenção dos esgotos por um período de tempo longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam. As principais vantagens das lagoas facultativas estão associadas, portanto, à predominância dos fenômenos naturais.

Alguns autores citam que as lagoas facultativas apresentam uma profundidade que variam de 1,5 a 2,5m e tempos de detenção hidráulica próximos de 10 dias (Yanes, 1993), 1,0 a 1,5m e tempos de detenção hidráulica próximos de 20 dias (Kellner & Pires, 1998) e 1,0 a 2,0m e períodos de detenção hidráulica em torno de 15 a 35 dias (Uehara & Vidal, 1989).

Segundo von Sperling (1996), o tempo de detenção requerido varia também com as condições locais, notadamente a temperatura. Usualmente, adotam-se tempos de detenção variando de 15 a 45 dias.

Os menores tempos de detenção podem ser adotados em regiões em que a temperatura do líquido seja mais elevada, alcançando-se com isso uma redução no volume requerido para a lagoa.

A lagoa facultativa tem o seu mecanismo de purificação dos esgotos ocorrendo em três zonas: zona anaeróbia, zona aeróbia e zona facultativa (von Sperling, 1996) como pode ser observado na Figura 3.4.

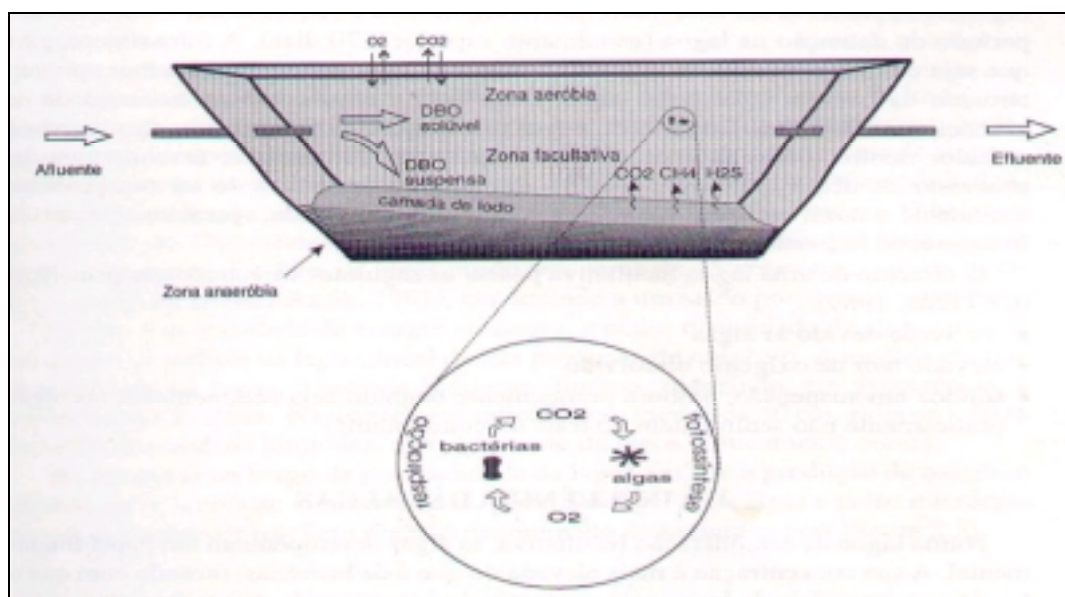


Figura 3.4. Esquema simplificado de uma lagoa facultativa.

Fonte: Adaptado de von Sperling (1996)

3.2.3 Lagoa de Maturação

Segundo von Sperling (1996), o principal objetivo das lagoas de maturação é o da remoção de patogênicos, e não da remoção adicional da DBO. As lagoas de maturação constituem-se numa alternativa bastante econômica à desinfecção do efluente por métodos mais convencionais, como a cloração.

A desinfecção natural do efluente é conseguida através de diversos fatores como temperatura, insolação, pH. Para que isto ocorra, é necessário o dimensionamento da lagoa de maturação utilizando um destes mecanismos citados.

Desta forma, uma das justificativas para a utilização de profundidades rasas na lagoa de maturação em relação a demais lagoas é a de aproveitar melhor vários destes mecanismos.

Dentre os mecanismos associados à profundidade da lagoa (van Haandel et al, 1994; van Buuren et al, 1995 apud von Sperling (1996)), pode-se citar:

- Radiação solar (radiação ultravioleta, (UV));
- Elevado pH (pH > 8,5);
- Elevada concentração de OD (favorecendo uma comunidade aeróbia, mais eficiente na competição por alimento e na eliminação dos patogênicos).

Como as lagoas de maturação são projetadas para aproveitar o máximo dos efeitos bactericidas da luz solar, e da fotossíntese, resultando na elevação do pH. Alguns autores citam valores de profundidade de 0,8 a 1,5m (von Sperling ,1996), 1,0 a 1,5m (Kellner & Pires, 1998). E Gloyna (1971) apud Kellner & Pires (1998), sugere a adoção de 1,0m de profundidade.

O tempo de detenção hidráulica sugerida por Kellner & Pires (1998) é de 7 dias e Mara (1996) apud von Sperling (1996) sugere no mínimo 3 dias para cada lagoa se esta for antecedida por uma outra lagoa, exemplo por uma lagoa facultativa.

Curtis et al (1992), relata que a remoção de CF (Coliformes Fecais) de lagoa de estabilização por luz solar não é simples como previamente se acreditava. Mas um trio: luz, pH alcalino e alta concentração de OD é requerida para a luz ter algum efeito. Então para relacionar remoção de CF em uma lagoa de estabilização à luz, estes fatores devem ser levados em consideração.

Segundo Silva & Feitosa (1988) apud Kellner & Pires (1998) e Oliveira et al (1991), o tempo de detenção hidráulico influi de modo decisivo sobre a remoção de CF ao longo de uma série de lagoas.

O regime hidráulico das lagoas tem grande influência na eficiência de remoção de coliformes, e a ordem decrescente de eficiência é a seguinte (von Sperling, 2000):

-Fluxo em pistão	Maior eficiência
-Fluxo disperso	↓
-Mistura completa	Menor eficiência

Com isto as lagoas de maturação devem atingir elevados valores de eficiência na remoção de coliformes ($E > 99,9$ ou $99,99\%$), assim cumprindo os padrões para utilização do efluente para irrigação, ou os padrões para corpos receptores d'água, em função da classe a que pertencem (Resolução CONAMA N. 20).

3.3 Lagoas com divisores de fluxo (chicanas)

A denominação, escoamento disperso ou não ideal, é o comportamento hidráulico real de uma lagoa, sendo descrito como uma combinação das duas condições possíveis: a de mistura completa e escoamento pistão ou tubular.

Segundo von Sperling (1996), a remoção da DBO processa-se segundo uma reação de primeira ordem (na qual a taxa de reação é diretamente proporcional à concentração do substrato). Nestas condições, o regime hidráulico do reator (lagoa) tem grande influência na eficiência do sistema.

Reatores de fluxo em pistão e reatores de mistura completa caracterizam os limites extremos dentro dos quais na prática se enquadram. No tratamento de esgotos por lagoas de estabilização podem se destacar os reatores descritos na Tabela 3.1

Tabela 3.1 – Reatores mais freqüentemente utilizados e suas características

Modelo Hidráulico:	Características
Mistura completa	As partículas que entram no tanque são imediatamente dispersas em todo o corpo do reator. O fluxo de entrada e saída é contínuo. As partículas deixam o tanque em proporção à sua distribuição estatística. A mistura completa pode ser obtida em tanques circulares ou quadrados se o conteúdo do tanque for contínua e uniformemente distribuído.
Reatores de mistura completa em série	
	Os reatores de mistura completa em série são usados para modelar o regime hidráulico que existe entre os regimes ideais de fluxo em pistão e mistura completa. Se a série for composta de uma unidade apenas, o sistema reproduz um reator de mistura completa. Se o sistema apresentar um número infinito de reatores em série, o fluxo em pistão é reproduzido. O fluxo de entrada e saída é contínuo. Unidades em série são também comumente encontradas em lagoas de estabilização e de maturação
Fluxo disperso	O fluxo disperso ou arbitrário é obtido em um sistema qualquer com um grau de mistura intermediário entre os dois extremos de fluxo em pistão e mistura completa. Na realidade, a maior parte dos reatores apresenta fluxo disperso. Devido à maior dificuldade na sua modelagem, são freqüentemente feitas aproximações para um dos modelos hidráulicos ideais. O fluxo de entrada e saída é contínuo.
Fluxo em pistão	As partículas de fluido entram continuamente em uma extremidade do tanque, passam através do mesmo e são descarregadas na outra extremidade, na mesma seqüência em que entraram. O fluxo se processa como um êmbolo, sem misturas longitudinais. As partículas mantêm a sua identidade e permanecem no tanque por um período igual ao tempo de detenção hidráulico. Este tipo de fluxo é reproduzido em tanques longos, com uma elevada relação comprimento-largura, na qual a dispersão longitudinal é mínima.

Fonte: adaptado de Von Sperling (1996)

Autores como Kellner & Pires (1998) Reynolds et al. (1975) consideram o uso de chicanas em lagoas de estabilização como uma das alternativas mais simples de modificar o fluxo hidráulico de lagoas de estabilização, melhorando a eficiência do tratamento do esgoto.

Segundo Juanico (1991) apud Kellner & Pires (1998), essa melhoria deve-se ao fato desse procedimento aumentar o valor de percurso do fluído na lagoa e será maior quanto mais estreito for o canal de chicaneamento. As Figuras 3.5 e 3.6 mostram uma comparação do caminho teórico percorrido pelo líquido em lagoas de estabilização com e sem chicanas.

Uehara & Vidal (1989) comentam que para quebrar ou prevenir qualquer tendência à estratificação, usar cortinas em forma de chicanas, semelhantes às de uma câmara de contato de cloro, cujo fluxo espiral em cada passagem aumentará a mistura. Para tanto, o espaçamento lateral e o comprimento das cortinas devem ser especificados no projeto, de maneira que a área de seção transversal do fluxo seja a mais constante possível.

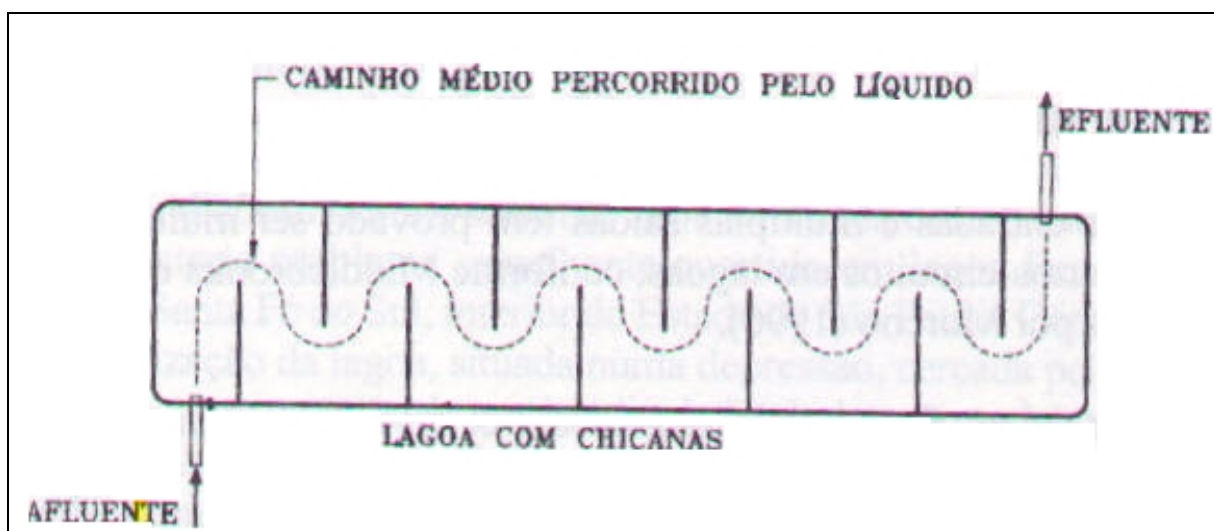


Figura 3.5 – Lagoa de estabilização com chicanas
Fonte: Kellner & Pires (1998)

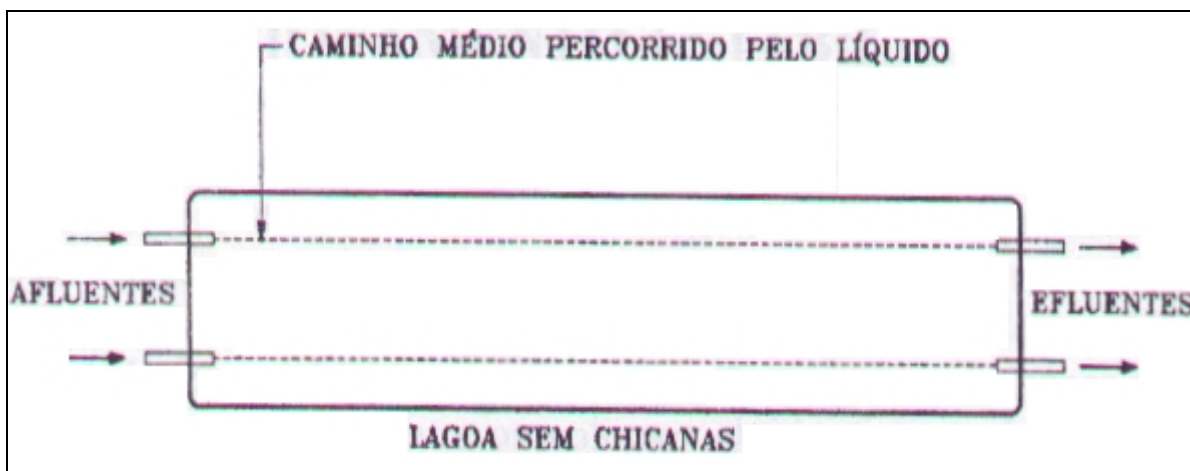


Figura 3.6 – Lagoa de estabilização sem chicanas

Fonte: Kellner & Pires (1998)

Entretanto von Sperling (1996) faz uma comparação para remoção de colifórmes de uma lagoa facultativa seguida por uma série de lagoas de maturação e uma outra lagoa facultativa de mesma dimensão, mas seguida de uma lagoa com três divisores de fluxo (chicanas) Quadro 3.1 e Figura 3.7

Quadro 3.1 – comparação entre duas alternativas

Fonte – von Sperling (1996)

Item	Alternativa: 3 lagoas de maturação em série	Alternativa; 1 lagoa de maturação com chicanas
Número de lagoas	3 em série	1
Tempo de detenção total (d)	12	12
Tempo de det. cada lagoa (d)	4	12
Área líquida requerida (ha.)	3,6	3,6
Área bruta requerida (ha.)	4,5	4,5
Comprimento de cada lagoa (m)	110	190
Largura de cada lagoa (m)	110	190
Profundidade (m)	1	1
Números de chicanas	-	3
Coli fecais afluentes à lagoa facult.(CF/100 ml)	2,70E+07	2,70E+07
Coli fecais afluentes à lagoa matur.(CF/100 ml)	3,50E+05	3,50E+05
Coliformes fecais no efluente final (CF/100 ml)	1.020	700
Eficiência das lagoas de maturação (%)	99,71	99,8
Eficiência global (facult. + matur.) (%)	99,996	99,997

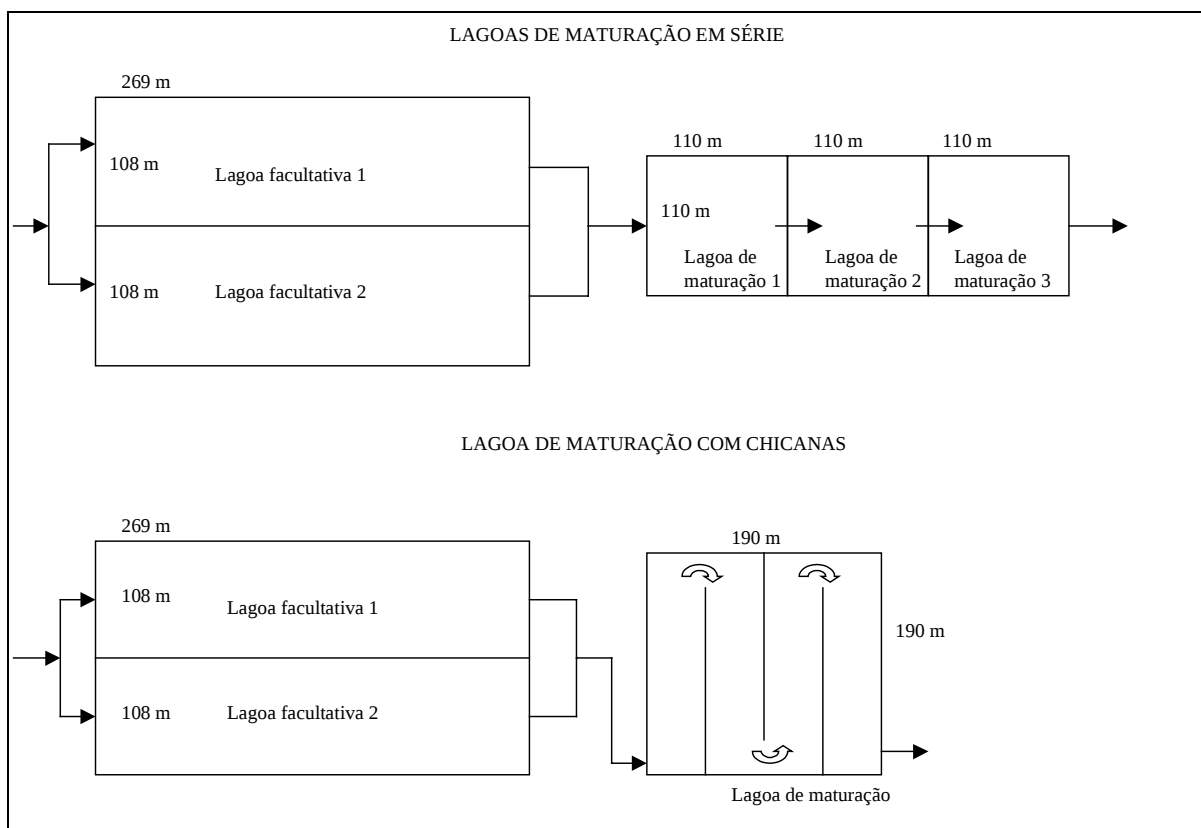


Figura 3.7 – Arranjo do sistema de lagoas facultativas – lagoas de maturação
Fonte – von Sperling (1996)

Segundo von Sperling (1996), ambas as alternativas são equivalentes do ponto de vista de área requerida e de qualidade do efluente final. Deve-se então adotar a que for mais econômica na sua implantação, em função da topografia, solo e outros fatores locais.

Silva et al. (2000), apresentou um estudo de influência de chicanas no desempenho operacional de lagoas facultativas primárias profundas tratando esgotos domésticos.

O sistema experimental, em escala-piloto como mostra a Figura 3.8, era constituído de 4 unidades denominadas de F27, F28, F29, e F30 com profundidades de 2,30 m, demonstrado no Quadro 3.2., e carga orgânica superficial de 330kg DBO₅/ha.d, com tempo de detenção hidráulica de 15 dias.

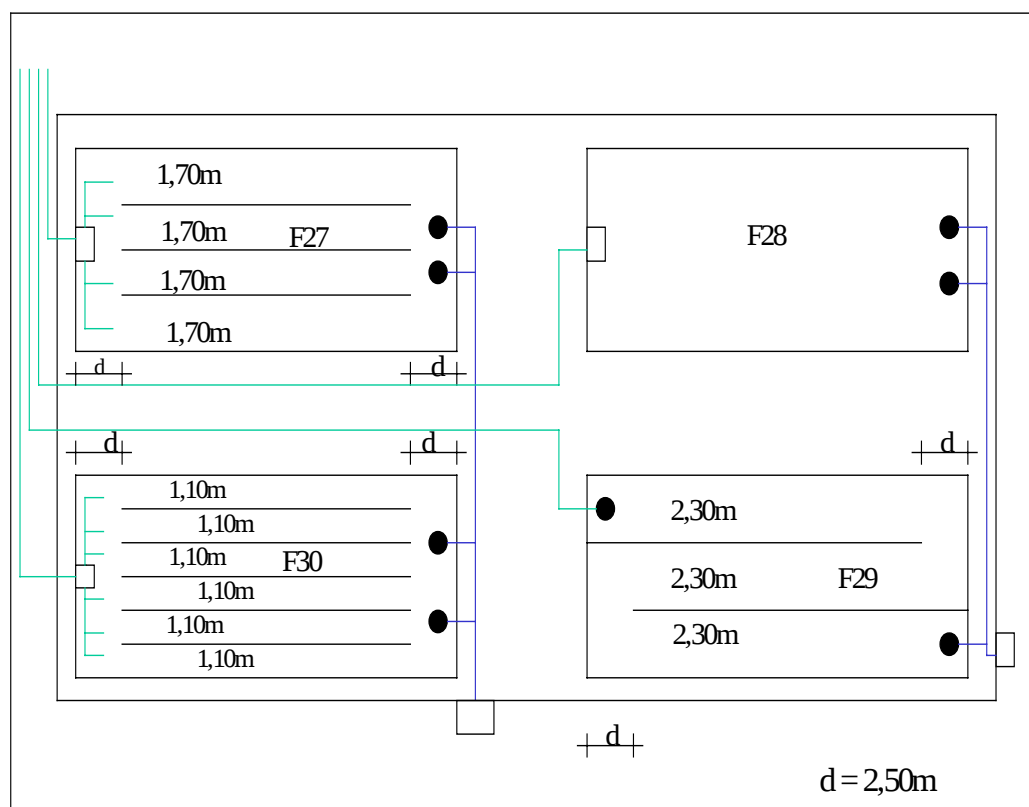


Figura 3.8 – Arranjo do sistema de lagoas facultativas
Fonte- Silva et al.(2000)

Quadro 3.2 – Características físicas do sistema experimental.
Fonte- Silva et al.(2000)

LAGOA	DIMENSÕES (m)			Área (m²)	Volume (m³)
	Comprimento	Largura	Profundidade		
F27	25,4	7,15	2,30	182	418
F28	25,4	7,15	2,30	182	419
F29	25,4	7,15	2,30	182	416
F30	25,4	7,15	2,30	182	409

O sistema experimental foi construído em alvenaria de tijolos revestida com argamassa de cimento e areia sobre uma base de concreto simples nas dependências da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários da

Universidade Federal da Paraíba (EXTRABES-UFPB) na cidade de Campina Grande, Paraíba, região nordeste do Brasil.

Os parâmetros analisados por Silva et al.(2000) foram os seguintes: DBO₅, DQO (Demanda Química de Oxigênio), CF, SS (Sólidos Suspensos), Temperatura, pH, OD e Clorofila “a”, sendo esta determinada somente para as amostras dos efluentes de lagoas.

A tabela 3.2 é um resumo de controle dos resultados obtidos por Silva et al. (2000), onde apresenta a F28 com as menores eficiências de remoção DBO₅, DQO e SS. E a remoção de coliformes fecais foi praticamente a mesma em todas as lagoas facultativas primárias.

Tabela 3.2- Eficiência de remoção (%) de DBO₅, DQO, SS e CF.
Fonte: Silva et al. (2000)

Lagoa	DBO	DQO	SS	CF
F27	74	50	54	93,6666
F28	71	47	53	94,3333
F29	73	54	59	94,6666
F30	74	54	60	94,0833

Silva et al. (2000), conclui que as lagoas com chicanas não apresentaram um desempenho muito expressivo na remoção de matéria orgânica em comparação à lagoa de controle. Obtendo: (73-74%) de DBO₅ e (50-54%) de DQO e de coliformes fecais (93,6666-94,6666%) para lagoas com chicanas e a eficiência de 71% para DBO₅, 47% para DQO e 94,3333% de coliformes fecais para lagoa de controle.

Mas diz que apesar de terem sido submetidas a uma carga orgânica ($\lambda_s = 330$ kg DBO₅/ha.dia), tipicamente de lagoas facultativas primárias, as lagoas podem ter funcionado durante parte do seu ciclo diário, como lagoas anaeróbias, tendo apresentado baixa concentração média de oxigênio dissolvido (0,6 mg/L).

E que em virtude da carga orgânica relativamente alta e de suas profundidades poderem ter tido influência no efeito das chicanas nessas lagoas, Silva et al. (2000) sugere um estudo mais acurado sobre os limites da carga e da profundidade para que possa ser observada a influência das chicanas no desempenho dessas lagoas.

Reynolds et al. (1975) pesquisou a distribuição de biomassa e a cinética de lagoas com chicanas. Comparou o desempenho biológico e cinéticos em escala-piloto de três lagoas de estabilização com chicanas, onde as áreas de superfície submergidas das lagoas chicanadas eram iguais, e os fatores ambientais que afetam o desempenho da lagoa eram idênticos para todas as lagoas.

Os objetivos eram determinar os efeitos cinéticos das três configurações de chicanas e o desempenho das lagoas de estabilização. Além de avaliar o efeito do aumento da área de superfície submergida na quantidade de biomassa fixa produzida dentro das lagoas de estabilização.

O trabalho consistia em quatro modelos individuais, a saber:

- Lagoa com chicana longitudinal;
- Lagoa com chicana vertical;
- Lagoa com chicana tipo vai - vem;
- Lagoa convencional (sem chicana).

Cada lagoa possuía 0,61m de largura, 1,22m de comprimento e 1,22m de profundidade. E uma profundidade líquida de 1,14m aproximadamente contando com um volume operacional de aproximadamente de $0,76\text{m}^3$ em cada lagoa.

As lagoas foram operadas sob duas condições distintas:

Durante a fase 1, foram instaladas chicanas de espuma acima das represas de efluente, afim de reter qualquer material flutuante nas lagoas. Esta fase foi projetada para determinar os efeitos das diferentes configurações de chicanas na distribuição de biomassa.

No começo da fase 2, as chicanas de espuma foram retiradas, e qualquer material flutuante que começara a acumular era diariamente retirado. Era pretendido que nesta fase desenvolvessem dados para ajustar os modelos matemáticos.

Nos ensaios foram empregadas condições ambientais semelhantes, substrato sintético, taxas de cargas hidráulicas, e taxas de carga orgânicas em ambos os estudos. Contudo, o desempenho das lagoas era, em muito, dramaticamente afetado pela acumulação de espuma.

Quando as lagoas foram operadas com chicanas de espuma, quantidades grandes de materiais flutuantes acumularam nas superfícies das lagoas. A quantidade de materiais flutuante variou de 55 a 154 g por lagoa. O material flutuante formou uma camada densa de espuma que cobriu a maior parte da superfície líquida. Com resultado da camada de espuma, a penetração clara no líquido e transferência de gás pela interface de líquido-ar foi restringida.

Uma camada densa de espuma na superfície do líquido da lagoa modelo aparentemente aumentou os gases odoríferos emitidos pela lagoa, diminuindo a taxa cinética de biodegradação, diminuindo o pH e diminuindo a quantia de sólidos suspensos.

Diante destes fatos, Reynolds et al. (1975) concluíram que:

-Remoção de carbono orgânico pelos sistemas biológicos nas configurações de diferentes lagoas variou, aproximadamente, de 94% a 98% no momento de detenção mais longo (15 dias). Porém, foi observado um efeito considerável no tempo de detenção das chicanas, um menor tempo. Uma detenção hidráulica de 1,5 dia, a porcentagem de remoção de carbono era 35%, 60%, 62% e 70% para a lagoa de controle, chicanas vai-vêm, chicana vertical e sistemas de chicanas longitudinais, respectivamente.

- Segundo Reynolds et al (1975), o modelo de Marais-Shaw descreveu bem os dados.

De acordo com o modelo de Marais-Shaw, taxas de degradação biológicas eram significativamente mais altas nas lagoas com chicanas que na lagoa de controle.

Das configurações de diferentes chicanas, o longitudinal conta com a taxa mais alta para redução de concentrações de carbono orgânicas solúveis.

Se as constantes cinéticas determinassem para o modelo de Marais-Shaw aplicável a sistemas completos, uma lagoa convencional sem chicanas requereria a área de terra quase duas vezes em relação a uma lagoa com chicana longitudinal para produzir um efluente de qualidade semelhante.

3.4 Desempenho de ETE com lagoas de Estabilização na Região (Bacia Hidrográfica São José dos Dourados)

A ETE de Santa Fé do Sul assim como a ETE de Ilha Solteira localizam-se na Bacia Hidrográfica de São José dos Dourados, que está situada a noroeste do Estado de São Paulo.

Por serem da mesma bacia hidrográfica e estarem próximas geograficamente, as condições ambientais e sistema de tratamento por lagoa de estabilização influenciam o comportamento das lagoas em relação aos parâmetros físico-químicos e biológicos de maneira semelhante.

Matsumoto & Schincariol (1998), avaliaram o desempenho de uma Lagoa de Estabilização tipo Facultativa através do perfil e distribuição longitudinal da DBO.

As coletas foram realizadas na lagoa facultativa da ETE de Ilha Solteira, localizada a noroeste do Estado de São Paulo, divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul, numa região predominantemente de cerrado, com altitude variando entre 280 a 390m, bastante ensolarado e temperatura ambiental elevada.

A forma geométrica das lagoas da ETE é retangular, e é constituída de duas lagoas facultativas, cada uma mede 450 m de comprimento e 106 m de largura, são operados em paralelo com interligações entre si em três pontos. Sendo a primeira interligação a 75 m da entrada, a segunda a 150 m da primeira e a terceira, a 75 m da saída.

Matsumoto & Schincariol (1998), conduziram um trabalho onde o desempenho quanto a redução da carga orgânica afluyente foi baseado na DBO total e não na DBO filtrada, verificando-se uma redução da DBO total de 87% entre a entrada e a saída da lagoa, e que as lagoas facultativas funcionavam como várias lagoas em série.

Matsumoto et al (2003), conduziu um trabalho de monitoramento da ETE de Ilha Solteira de três meses com coletas quinzenais, averiguando os seguintes parâmetros: DBO, DBO filtrado, DQO, Sólidos Totais, Nitrogênio Total, Fósforo Total, pH, Temperatura, OD, Sólidos Suspensos Totais.

O afluente foi coletado após a caixa de areia e o efluente na caixa de inspeção após a junção de todas as saídas da estação. O horário de coleta, entre 9 e 10 horas da manhã, foi determinado levando-se em consideração a vazão e a carga média afluente a estação.

Matsumoto et al (2003) observou que o sistema de tratamento está operando com eficiência média de 56% de redução da DQO para um valor médio do afluente de 830 mg/L e efluente médio de 366 mg/L. Por outro parâmetro de carga orgânica aplicada tem-se uma eficiência média de 85,8% da DBO bruta e de 88,3% em relação a DBO filtrada para valores médios do afluente de 424 mg/L e efluente bruto de 60 mg/L e efluente filtrado de 50 mg/L.

A eficiência na redução média de sólidos totais foi de 11% para valores médios do afluente de 635 mg/L e do efluente de 565 mg/L. Para redução de sólidos suspensos totais, obteve-se uma média de 28,5% para valores médios do afluente de 365 mg/L e do efluente de 259 mg/L.

Outros parâmetros monitorados, principalmente os nutrientes, como o Nitrogênio Total, nesta fase tem apresentado uma tendência de aumento, passou de pouco mais de 1,7 mg/L para 10,4 mg/L. Por outro lado, o fósforo manteve uma média em torno de 3,5 mg/L.

Segundo Matsumoto et al (2003) a eficiência de remoção da DBO para efluente bruto de aproximadamente de 86% está acima de 80% recomendado pela legislação vigente. E a baixa remoção de sólidos totais (11%) deve-se ao acúmulo de sólidos que não foram retirados adequadamente na caixa de areia, e também pela grande quantidade de algas presentes no efluente da lagoa.

Matsumoto et al (2003), conduziu à análise da outra ETE de Santa Fé do Sul, no período de dezembro de 2002 a fevereiro de 2003, que trata o restante de 40% dos esgotos da cidade.

Dos parâmetros analisados, alguns apresentaram os seguintes resultados: DBO valores médios de afluente 478,00 mg/L e efluente de 65,67 mg/L e média de eficiência total de 86,26%; DQO apresentou valores médios de afluente 928,50 mg/L e efluente de 348,17 mg/L com a média de eficiência total de 62,50%; Sólidos Totais com valores

médios de afluente 782.83 mg/L e efluente de 468,17 mg/L e média de redução de 40,20%; Sólidos Suspensos Totais com média de afluente de 449,00 mg/L e efluente de 251,00 mg/L com eficiência de redução de 44,10%; Coliformes Totais apresentou o valor médio no afluente de $4,93E+08$ NMP/100mL e efluente de $6,18E+07$ NMP/100mL com eficiência de redução 87,46% e Coliformes Fecais com valores médios de afluente de $1,25E+08$ NMP/ 100mL e efluente de $5,35E+07$ NMP/ 100mL com eficiência de redução média de 57,20%.

3.5 Outras Lagoas com Chicanas em Operação

A Companhia de Saneamento do Distrito Federal (CAESB), é responsável pela Estação de Tratamento de Esgotos de Samambaia que atende a população residente na cidade de Samambaia, recebendo a contribuição de aproximadamente 160 mil habitantes. Esta área pertence à bacia do Rio Melchior.

O projeto desta ETE introduziu na concepção de lagoas de estabilização, um reator anaeróbico de fluxo ascendente dentro da lagoa facultativa, lagoa rasa de alta taxa de reação, lagoa de polimento com chicanas (Figura 3.9).

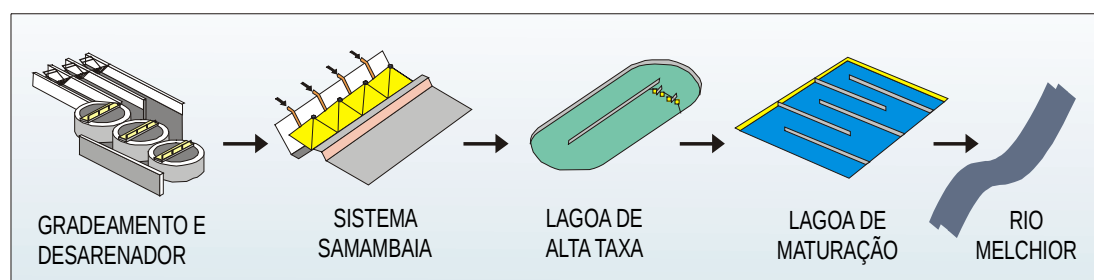


Figura 3.9 Esquema da ETE de Samambaia

Fonte: Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal SIESG.(1999)

O sistema de tratamento está operando com eficiência média de 92% de redução da DBO para um valor médio do efluente de 34 mg/L, para DQO uma eficiência média

de 77% com valores médios do efluente de 206 mg/L e para Sólidos Suspensos, eficiência de remoção de 76% e valor médio do efluente de 108 mg/L.

Segundo a CAESB (Companhia de Saneamento do Distrito Federal) o efluente está atendendo aos requisitos da Organização Mundial de Saúde - OMS, para uso em irrigação irrestrita.

O sistema de Potecas, da Companhia de Saneamento de Santa Catarina (CASAN) na área continental de Florianópolis, possui um sistema de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização que funcionam em série, com uma lagoa anaeróbia seguida de três lagoas facultativas com chicanas (CASAN, 2002).

A lagoa anaeróbia possui uma superfície triangular de 72.972m² com profundidades úteis médias de 2,60m junto aos diques e 3,30m na área restante e a alimentação do esgoto bruto é feita na extensão do triângulo através de um canal.

As lagoas facultativas 1, 2, e 3 possuem profundidades de 1,70m, com cortinas para direcionamento de fluxo.

Dados de projeto:

- População atendida: 90.000 habitantes;
- Vazão: 208,00 l/s;
- Carga orgânica: 4860 Kg DBO / dia

4. Material e Métodos

4.1 Localização da Estação de Tratamento de Esgoto

A ETE a ser pesquisada localiza-se na cidade de Santa Fé do Sul que está situada a noroeste do Estado de São Paulo, a latitude $20^{\circ}12'39''$ S, e longitude $50^{\circ}55'34''$ W. Distando 634 km da cidade de São Paulo (capital), está a 357 metros acima do nível do mar. A Figura 4.1. mostra esquematicamente a localização da cidade de Santa Fé do Sul no Estado que tem aproximadamente uma população de 25.000 habitantes.



Figura 4.1 – Localização da cidade de Santa Fé do Sul
Fonte: adaptado da CETESB, 2000.

Atualmente na cidade de Santa Fé do Sul tem duas ETEs tratando os esgotos domésticos gerados, uma trata em torno de 40%, e a outra, objeto de estudo, os outros 60%. Estima-se que a vazão de esgoto afluyente da ETE seja equivalente a uma população de 15.000 habitantes.

4.2 Descrição das Lagoas de Estabilização da ETE

A ETE de Santa Fé do Sul estudada é composta por:

- Gradeamento com grade de barras;
- Caixa de areia de duas câmaras;
- Medidor de vazão tipo Parshall de 9 polegadas de garganta.
- Lagoa Anaeróbia com dimensões de 46,00m de largura, 125,00m de comprimento e 3,50m de profundidade, alimentada por 3 entradas afogadas e duas saídas;
- Lagoa Facultativa com dimensões de 100,60m de largura, 216,35m de comprimento e 2,20m de profundidade. Dividido por 3 divisores de fluxo (chicanas) feitas de placas de concreto e sustentadas por colunas de concreto. Equidistante uma da outra no sentido longitudinal formando um longo canal com largura de 25,15m e 865,40m de comprimento;
- Lagoa de maturação de 80,30m de largura, 181,00m de comprimento 1,20m de profundidade na primeira célula e de 0,80m na segunda célula, dividido por um divisor de fluxo (chicana) no sentido longitudinal, feita do mesmo material que as da lagoa facultativa, transformando numa lagoa com 40,15m de largura e 362,00m de comprimento.

As lagoas, facultativa e de maturação são lagoas chicanadas do tipo vai e vem, como pode ser observado nas Figuras 4.2 e 4.3, com o início de operação em julho de 2000.



Figura 4.2 - ETE de Sta. Fé do Sul na fase de construção.
Fonte: [www. daee-sp gov.br](http://www.daee-sp.gov.br)

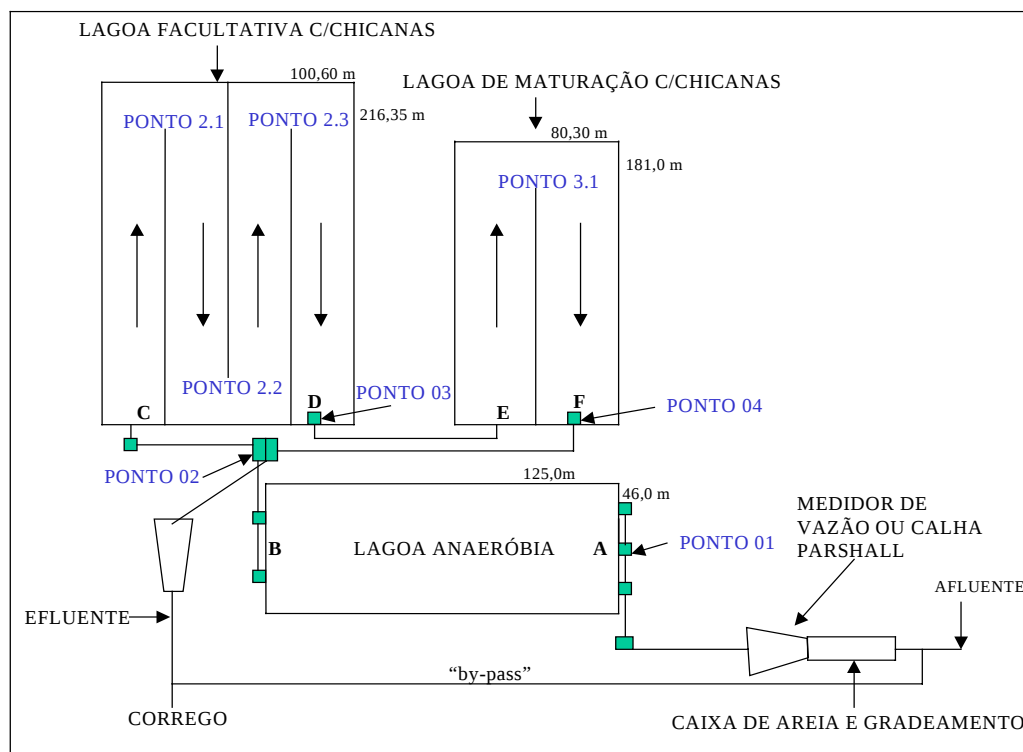


Figura 4.3 – Esquema da ETE de Santa Fé do Sul

4.3 Local e Descrição dos pontos de Coleta das Amostras

Foram selecionados quatros pontos para coleta de amostras simples:

- Ponto 01 localizado numa das três caixas de distribuição e passagem na entrada da lagoa anaeróbia;
- Ponto 02 está localizado na caixa de distribuição múltipla aonde chega a efluente da lagoa anaeróbia;
- Ponto 03 na saída da lagoa facultativa chicanada;
- Ponto 04, localizado na saída da lagoa de maturação.

Além destes pontos foram escolhidos mais 4 pontos intermediários de amostras simples, localizados nas curvas formadas pelas divisórias colocados nas lagoas facultativas e de maturação. Denominados de ponto 2.1, 2.2, e 2.3 na lagoa facultativa e 3.1 na lagoa de maturação.

Na Figura 4.4 é mostrado o detalhe da caixa que serve de distribuição e de passagem dos esgotos afluentes da lagoa anaeróbia, onde foi coletado as amostras do ponto 01.



Figura 4.4 Caixa de distribuição e passagem da lagoa anaeróbia (ponto 01)

Na Figura 4.5 pode-se observar o detalhe da saída do efluente da lagoa anaeróbia.



Figura 4.5 – Saída da lagoa anaeróbia

Na Figura 4.6 tem-se o detalhe da caixa de distribuição múltipla, ponto de coleta do efluente da lagoa anaeróbia, ponto 02.



Figura 4.6 – Caixa de Distribuição múltipla (ponto 02)

Na figura 4.7 é mostrado o detalhe da saída da lagoa facultativa com chicanas, local da coleta da amostra do ponto 03.



Figura 4.7 – Saída da Lagoa Facultativa c/ Chicanas (ponto 03)

A Figura 4.8 mostra detalhe da saída da lagoa de maturação com chicanas, local da coleta da amostra do ponto 04.



Figura 4.8 – Saída da Lagoa de Maturação (ponto 04)

Na Figura 4.9 tem-se o detalhe da 1ª curva da chicana na lagoa facultativa, ponto de coleta do ponto 2.1.



Figura 4.9 – 1ª curva da chicana na Lagoa Facultativa (ponto 2.1)

Na figura 4.10 é mostrado o detalhe da 2ª curva da chicana na lagoa facultativa, local da coleta da amostra do ponto 2.2.



Figura 4.10 – 2ª curva da chicana na Lagoa Facultativa (ponto 2.2)

Na Figura 4.11 pode-se observar o detalhe da 3ª curva na lagoa facultativa, local da coleta do ponto 2.3.



Figura 4.11 – 3ª curva da chicana na Lagoa Facultativa (ponto 2.3)

Nesta Figura 4.12 é mostrado o detalhe da curva da chicana na lagoa de maturação, local da coleta da amostra do ponto 3.1.



Figura 4.12 – curva da chicana na Lagoa Facultativa (ponto 3.1)

4.4 Parâmetro de Monitoramento e Análises Laboratoriais

A qualidade da água residuária foi avaliada com base em dados de análises laboratoriais, determinando sua eficiência através dos seguintes parâmetros:

- Parâmetros Físicos-Químicos: pH, DBO (mg/L), DQO (mg/L), OD (mg/L), SS (mg/L), Sólidos Totais (mg/L), Sólidos Sedimentáveis (mg/L), Temperatura (°C);
- Parâmetros Biológicos: Coliformes Totais (NMP/100mL) e Coliformes Fecais (NMP/100ml).

A metodologia de determinação dos parâmetros em laboratórios seguiu os procedimentos recomendados pelo “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” (APHA, AWWA & WPCF, 1995) e pela metodologia de espectrofotometria da Hach. A Tabela 4.1 contém as variáveis, métodos e equipamentos utilizados.

Tabela 4.1 – Métodos e Equipamentos empregados para análises Físico-Químicos e Microbiológicos. Variáveis analisadas nos pontos de coleta da ETE de Santa Fé do Sul

Variável	Método	Limite de Detecção	Equipamentos e Materiais
DBO (mg/l)	Método das Diluições, Incubado a 20°C, 5 dias	0,1	Titulador
DQO (mg/l)	Digestão por reator, Espectrofotométrico	1,0	1. COD Reactor/Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
OD (mg/l)	Método Winkler	0,1	Titulador
pH	Eletrométrico	0,01	phmetro de membrana/Hanna/HI8314
Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos e Suspensos(mg/l)	Gravimétrico	1,0	1. Cápsula de Porcelana 2. Disco de microfibras de vidro/ Sartorius 3. Balança eletrônica de precisão de 0,1 ug/Bel Mark/ U210A 4. Estufa/Marconi/MA033/ temp. 120°C 5. Dissecador/Pyrex/250mm
Temperatura (°C)	Eletrométrico	0,1	phmetro de membrana/Hanna/HI8314
Coliformes Totais e Fecais (NMP/100ml)	contagem de Escherichia Coli	1,0	1. Placa Petrifilm/3M 2. Estufa de cultura/Fanem/ A-LT 502

4.5 Freqüência de Coleta

O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a primeira etapa com quatro pontos de coletas realizadas a cada quinzena, no período de novembro de 2000 a junho de 2002.

E segunda etapa, com oito pontos de coletas com freqüência semanal, no período de março de 2003 a junho de 2003.

No esquema da Figura 4.3, tem-se a discriminação dos pontos de coleta utilizados durante o trabalho realizado na ETE de Santa Fé do Sul.

Os parâmetros analisados de cada amostra e a freqüência de coleta estão relacionados na Tabela 4.2 e Tabela 4.3, divididos nas duas etapas, a saber 1° etapa, período de Novembro de 2000 a Junho de 2002, e a 2° etapa, do período de Março de 2003 a Junho de 2003, respectivamente.

Tabela 4.2- Parâmetros físicos-químicos 1° etapa (período de Novembro de 2000 a Junho de 2002).

Parâmetros	Freqüência de Coleta
DBO	quinzenal
DQO	quinzenal

Tabela 4.3 - Parâmetros físicos-químicos e microbiológicos e freqüência de coleta da 2° etapa (período de Março de 2003 a Junho de 2003).

Parâmetros	Freqüência de Coleta
DBO	semanal
DQO	semanal
pH	semanal
OD	semanal
Sólidos Suspensos	semanal
Sólidos Totais	semanal
Sólidos Sedimentáveis	semanal
Temperatura	semanal
Colifórmes Totais e Fecais	semanal

5. Resultados

O término da construção da E.T.E. ocorreu no final de junho de 2000, e teve início de funcionamento em julho de 2000, atingindo o nível previsto de operação em setembro de 2000. A demora no enchimento deveu-se a alguns contratempos de ordem construtiva e operacional ocorrido no período.

No período de setembro a outubro não foram possíveis realizar as análises, por razão das lagoas facultativas e de maturação estarem com água limpa, utilizadas nos testes de estanqueidade das mesmas.

Os resultados obtidos durante o período de estudo novembro de 2000 a junho de 2003 estão apresentados divididos por parâmetros de investigação e em duas etapas distintas.

5.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

1º Etapa - Período de novembro 2000 a junho de 2002

Na Figura 5.1, observa-se às variações no esgoto bruto, que se mostraram irregulares nos períodos mais chuvosos. As diminuições na DBO ocorreram em dias com chuvas, motivadas possivelmente por ligações indevidas de águas pluviais ou problemas de infiltração na rede coletora de esgotos, o qual tem elevado a vazão de chegada na ETE e conseqüentemente, diluído o esgoto, como pode ser observado nas planilhas pluviométricas no Anexo I.

O aumento de fluxo de volume na entrada da ETE afeta o tratamento da lagoa anaeróbia pelo abreviamento do tempo de detenção e pela baixa carga, o que pode ter deteriorado a qualidade do efluente de saída da mesma, como citado por von Sperling (1996).

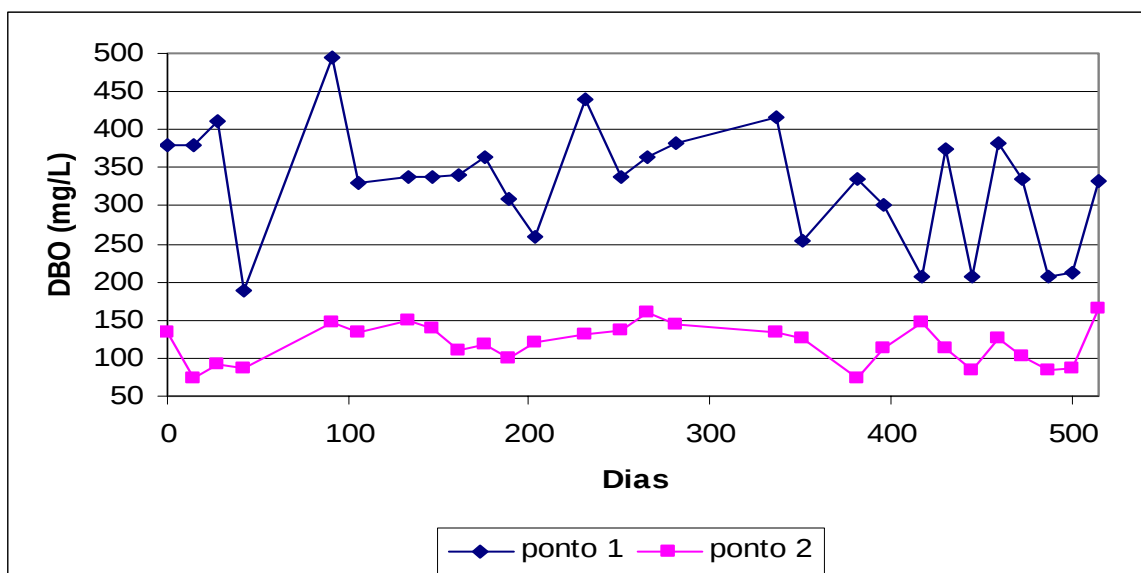


Figura 5.1- Valores de DBO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída lagoa anaeróbia) no período novembro de 2000 a junho de 2002.

Pela Figura 5.1, pode-se notar que as oscilações da carga de entrada são amortecidas nas unidades de tratamento, as influencias são verificadas até a saída da lagoa facultativa (Figura 5.2), pois aparentemente não afetou o efluente da saída da lagoa de maturação (Figura 5.3).

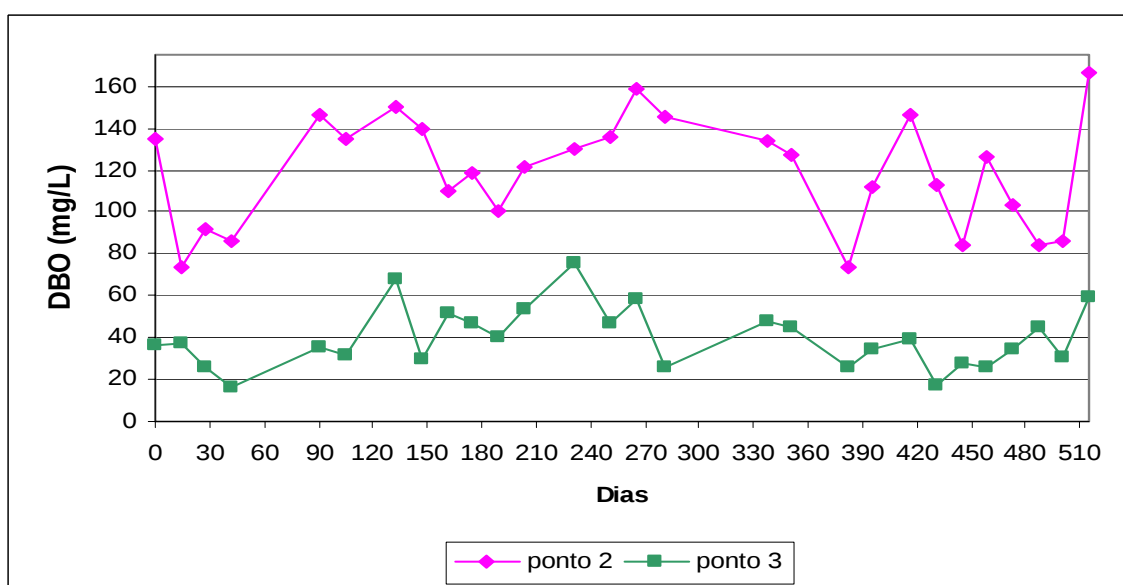


Figura 5.2- Valores de DBO nos pontos 2 e 3 (entrada e saída lagoa facultativa) no período novembro de 2000 a junho de 2002.

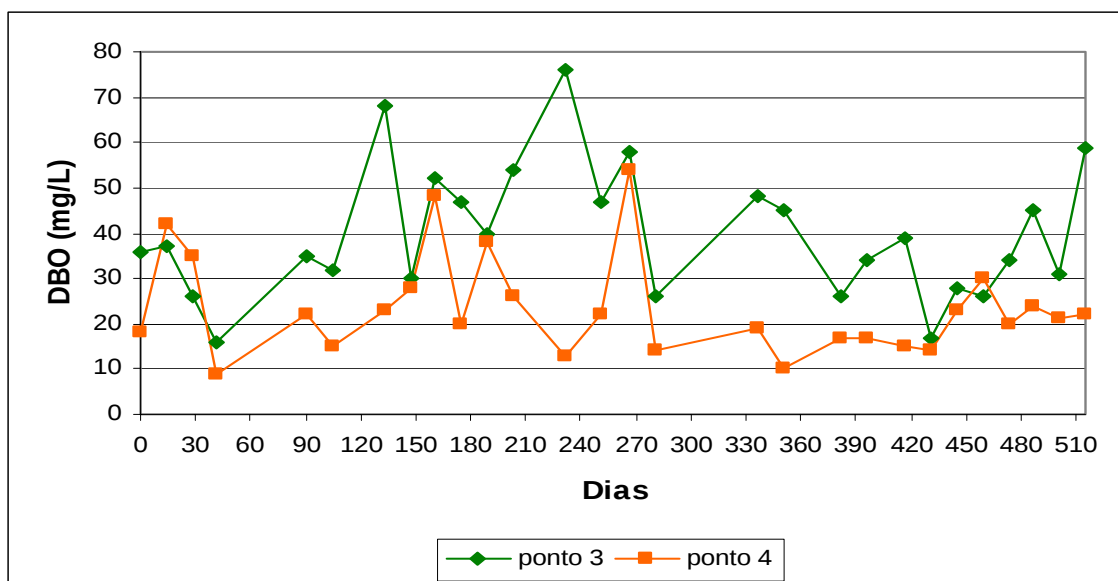


Figura 5.3- Valores de DBO nos pontos 3 e 4 (entrada e saída lagoa maturação) no período novembro de 2000 a junho de 2002

A redução da carga orgânica medida pela DBO é bastante notória, o que pode ser confirmada com os valores apresentados na Tabela 5.1, que apresenta os valores obtidos no período, na qual são mostrados os valores mínimos, máximos e médios de DBO: no **ponto 01**, 189mg/L, 496 mg/L e 329mg/L; no **ponto 02**, 74mg/L, 166 mg/L e 119 mg/L; no **ponto 03**, 16mg/L, 76mg/L, e 39mg/L; e no **ponto 04**, 9mg/L, 54mg/L e 23mg/L. Os valores indicam que a eficiência de remoção da DBO na ETE é elevada, em valores médios obteve-se uma redução em torno de 93% nesta fase de operação.

Tabela 5.1 – valores de DBO (mg/L) novembro de 2000 a junho de 2002

Data	Dia	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04
10/11/2000	0	379	135	36	18
24/11/2000	14	379	74	37	42
08/12/2000	28	411	92	26	35
22/12/2000	42	189	86	16	9
23/03/2001	91	496	146	35	22
06/04/2001	105	329	135	32	15
04/05/2001	133	339	150	68	23
18/05/2001	147	339	140	30	28
02/06/2001	161	341	110	52	48
15/06/2001	175	365	119	47	20
29/06/2001	189	309	100	40	38
13/07/2001	203	260	121	54	26
10/08/2001	231	441	130	76	13
30/08/2001	251	339	136	47	22
14/09/2001	266	363	159	58	54
27/09/2001	281	382	145	26	14
22/11/2001	337	417	134	48	19
06/12/2001	351	255	127	45	10
24/01/2002	382	335	74	26	17
07/02/2002	396	300	112	34	17
28/02/2002	417	206	146	39	15
14/03/2002	431	375	113	17	14
28/03/2002	445	206	84	28	23
11/04/2002	459	383	126	26	30
25/04/2002	473	336	103	34	20
09/05/2002	487	206	84	45	24
23/05/2002	501	211	86	31	21
06/06/2002	515	333	166	59	22
Média		329,43	119,03	39,72	23,53

Pelos dados apresentados na Tabela 5.1, neste período a eficiência de redução da DBO na ETE em cada unidade de tratamento foi de 63,90% na lagoa anaeróbia, 66,63% na lagoa facultativa e 40,76% na lagoa de maturação e no total geral, foi de 92,86% de eficiência de remoção na ETE estudada.

2º Etapa - Período de março a junho de 2003

Esta 2º etapa, a pesquisa foi realizada no período de março a junho de 2003 como mostram as Figuras 5.4, 5.5 e 5.6 e a Tabela 5.2, com coletas de amostras acrescidas de mais quatro pontos. Estes pontos escolhidos foram nas curvas da chicanas, três na lagoa facultativa e uma na lagoa de maturação.

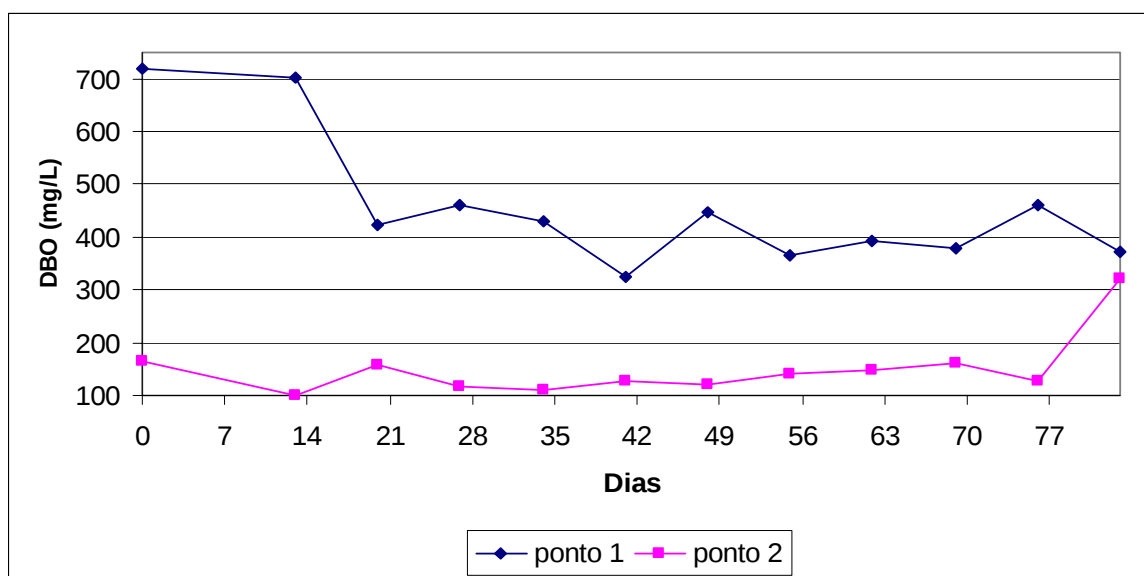


Figura 5.4- Valores de DBO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.

Assim como na fase anterior, as Figuras 5.4, 5.5 e 5.6 mostram que a redução da carga orgânica medida pela DBO foi significativa, as oscilações de carga na entrada têm pouca influência na qualidade do efluente da saída, o que pode ser confirmada com os valores apresentados na Tabela 5.2.

A Tabela 5.2 apresenta os valores obtidos no período de março a junho de 2003, pode-se observar que os valores mínimos, máximos e médios de DBO registrados foram: no **ponto 01**, 323mg/L, 720mg/L e 456mg/L; no **ponto 02**, 100 mg/L, 320 mg/L e 149 mg/L; no **ponto 2.1**, 27mg/L, de 115mg/L e 78mg/L; no **ponto 2.2**, 74mg/L, 222mg/L e 126mg/L; no **ponto 2.3**, 38 mg/L, 55mg/L e 49mg/L; no **ponto 03**, 12mg/L,

58mg/L e 38 mg/L; no **ponto 3.1**, 9mg/L, 57mg/L e 31mg/L; e no **ponto 04**, 10mg/L, 28mg/L e 18mg/L.

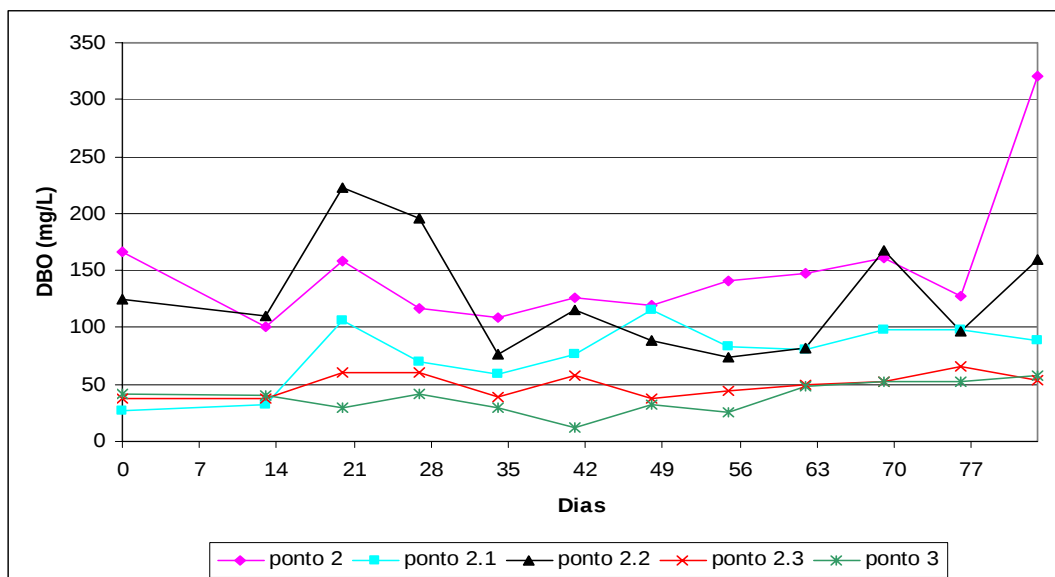


Figura 5.5- Valores de DBO nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período de março a junho de 2003

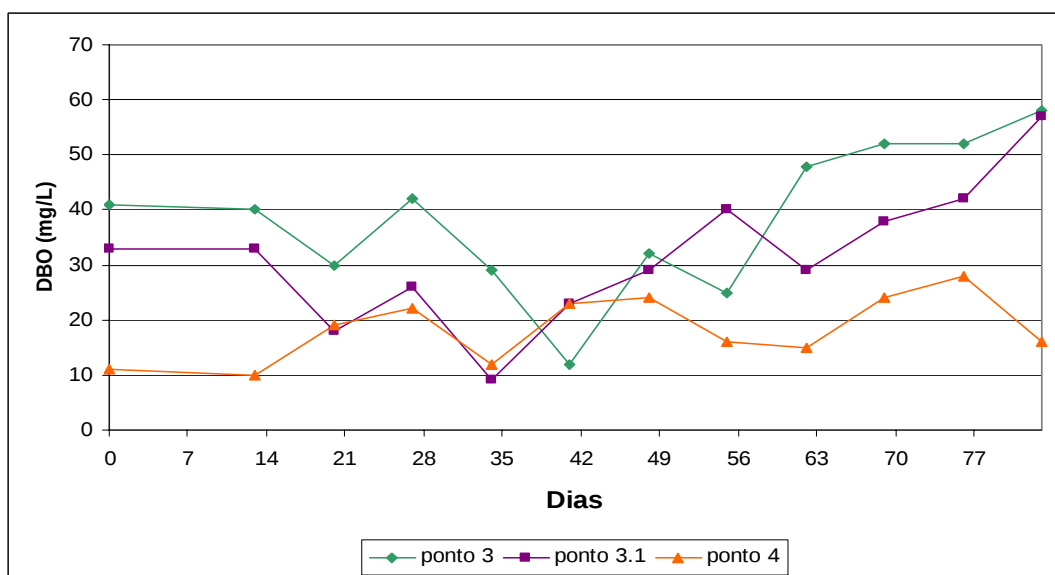


Figura 5.6- Valores de DBO nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período de março a junho de 2003

Tabela 5.2 – valores de DBO (mg/L) março a junho de 2003

Data	Dias	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	720	166	27	125	38	41	33	11
26/03/2003	13	701	100	32	110	38	40	33	10
02/04/2003	20	425	158	106	222	60	30	18	19
09/04/2003	27	461	117	70	196	60	42	26	22
16/04/2003	34	431	109	59	76	39	29	9	12
23/04/2003	41	323	126	77	115	57	12	23	23
30/04/2003	48	446	119	115	89	38	32	29	24
07/05/2003	55	366	141	83	74	44	25	40	16
14/05/2003	62	391	148	80	82	49	48	29	15
21/05/2003	69	378	161	98	167	52	52	38	24
28/05/2003	76	461	127	98	97	66	52	42	28
04/06/2003	83	372	320	88	159	54	58	57	16

Média	456,3	149,33	77,75	126	49,58	38,41	31,42	18,33
-------	-------	--------	-------	-----	-------	-------	-------	-------

Neste período a eficiência de redução, da DBO na ETE em cada unidade de tratamento foi de 67,27% na lagoa anaeróbia, 74,27% na lagoa facultativa e 52,29% na lagoa de maturação, e portanto a eficiência de remoção total na ETE foi de 95,98%.

Os valores de mínimo e máximo no ponto 2.1 (1º curva da chicana - lagoa facultativa) ser menor que o ponto 2.2 (2º curva da chicana - lagoa facultativa), provavelmente se deve ao fato da ETE receber uma vazão acima do previsto no projeto em período de chuva, havendo um trasbordando do primeiro canal da lagoa facultativa para a segundo canal. E conseqüentemente, o efluente da lagoa anaeróbia se misturar com o conteúdo do segundo canal sem o tempo de detenção necessária para sua depuração, como pode observar pela Figura 5.7.



Figura 5.7- Traspbordamento da 1ª célula da Lagoa Facultativa

5.2 Demanda Química de Oxigênio DQO

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) também está relacionada com a matéria orgânica, é outro indicativo do potencial poluidor de esgoto sanitário. A DQO é uma medida da quantidade de oxigênio consumido pela oxidação química de substâncias orgânicas e inorgânicas existentes nas águas (von Sperling, 1996)

1º Etapa - Período de novembro de 2000 a junho de 2002

Como este parâmetro é ligada a oxidação da matéria orgânica existente no esgoto, teve oscilações semelhantes à variação da DBO. Portanto, ao observar as Figura 5.8, 5.9 e 5.10 nota-se que as lagoas atenuam os picos de carga e a saída é pouco influenciada também em termos da DQO.

Na Figura 5.8, observa-se que o esgoto bruto tem variações em torno de 700mg/L, mas mostra-se irregular no período dos dias 330 a 420, com oscilações nos valores da DQO do esgoto bruto. Os menores valores da DQO foram notadas em dias

com chuvas, causados possivelmente por ligações indevidas de águas pluviais ou problemas de infiltração na rede coletora de esgotos que pode ter aumentado a vazão de chegada e conseqüentemente, diluindo o esgoto, como pode ser observado nas planilhas pluviométricas no Anexo I.

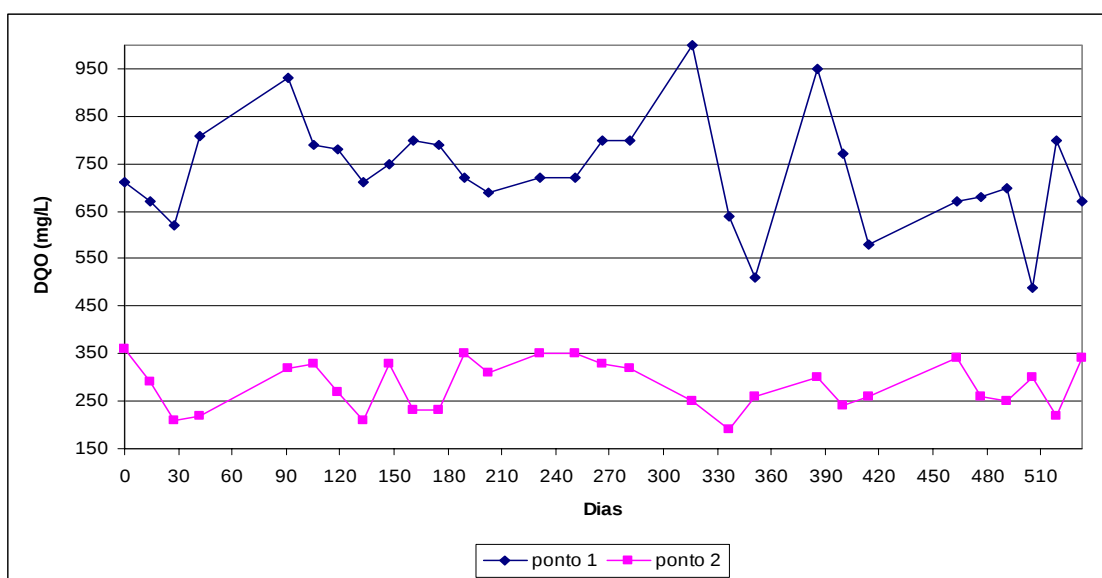


Figura 5.8 - Valores de DQO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período novembro de 2000 a junho de 2002.

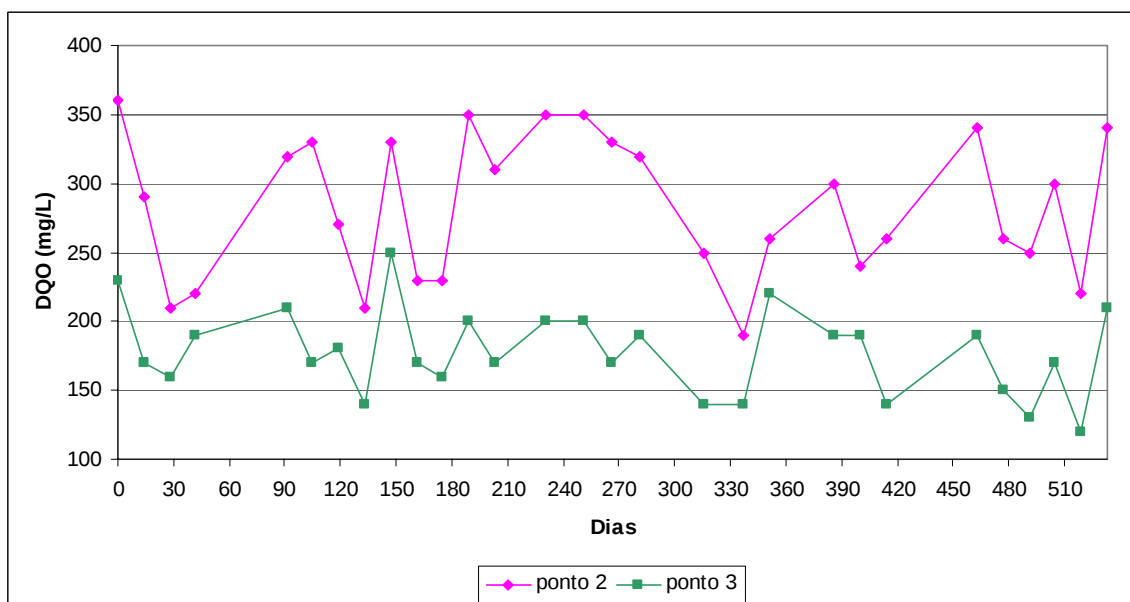


Figura 5.9 - Valores de DQO nos pontos 2 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa), no período novembro de 2000 a junho de 2002.

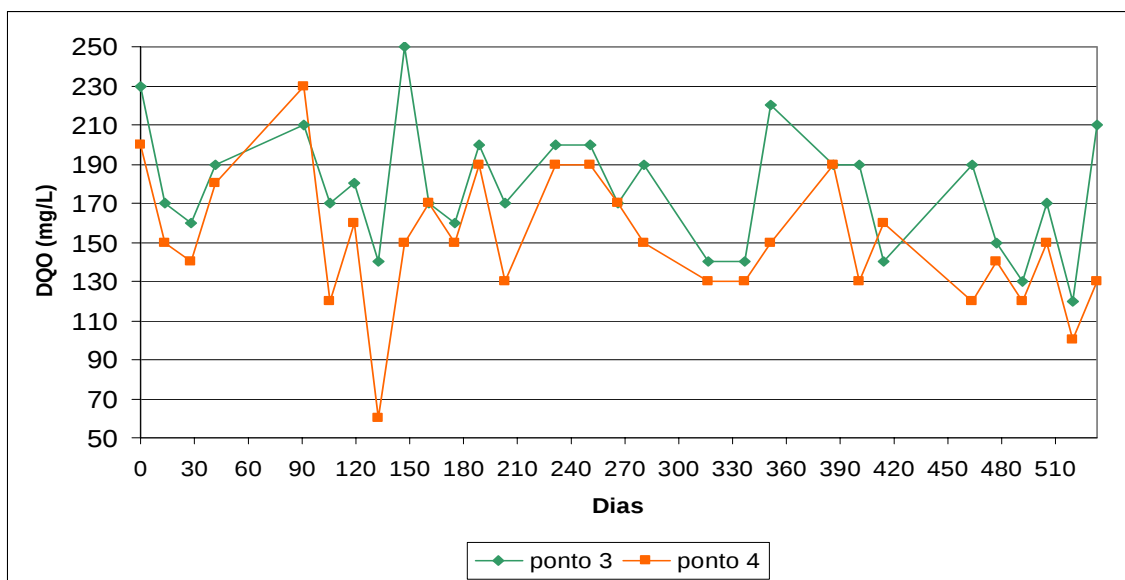


Figura 5.10 - Valores de DQO nos pontos 3 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação), no período novembro de 2000 a junho de 2002.

Para verificação destas oscilações a Tabela 5.3 apresenta os valores obtidos no período de monitoramento de novembro de 2000 a junho de 2002. Assim, os valores mínimos, máximos e médios de DQO foram os registrados: no **ponto 01**, 490 mg/L, 1000 mg/L e 730 mg/L; no **ponto 02**, 190,00 mg/L, 350,00 mg/L e 283 mg/L; no **ponto 03**, 120,00 mg/L, 250 mg/L e 178 mg/L; e finalizando no **ponto 04**, 60 mg/L, 230 mg/L e 151 mg/L. Pelos valores médios apresentados, a eficiência total de remoção da DQO foi de aproximadamente de 79%, eficiência esta, bastante elevada em termos de DQO.

Tabela 5.3– valores de DQO (mg/L) novembro de 2000 a junho de 2002

Data	Dia	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04
10/11/2000	0	712	360	230	200
24/11/2000	14	670	290	170	150
08/12/2000	28	620	210	160	140
22/12/2000	42	810	220	190	180
23/03/2001	91	930	320	210	230
06/04/2001	105	790	330	170	120
20/04/2001	119	780	270	180	160
04/05/2001	133	710	210	140	60
18/05/2001	147	750	330	250	150
02/06/2001	161	800	230	170	170
15/06/2001	175	790	230	160	150
29/06/2001	189	720	350	200	190
13/07/2001	203	690	310	170	130
10/08/2001	231	720	350	200	190
30/08/2001	251	720	350	200	190
14/09/2001	266	800	330	170	170
27/09/2001	281	800	320	190	150
01/11/2001	316	1000	250	140	130
22/11/2001	337	640	190	140	130
06/12/2001	351	510	260	220	150
10/01/2002	386	950	300	190	190
24/01/2002	400	770	240	190	130
07/02/2002	414	580	260	140	160
28/03/2002	463	670	340	190	120
11/04/2002	477	680	260	150	140
25/04/2002	491	700	250	130	120
09/05/2002	505	490	300	170	150
23/05/2002	519	800	220	120	100
06/06/2002	533	670	340	210	130
Média		730,52	283,45	177,59	151,03

Pela Tabela 5.3, a eficiência de redução da DQO na ETE em cada unidade de tratamento foi de 61,20% na lagoa anaeróbia, 37,35% na lagoa facultativa e 14,96% na lagoa de maturação e a eficiência de remoção total da ETE foi de 79,33%.

2º Etapa - Período de março a junho de 2003

A 2ª etapa da pesquisa foi realizada no período de março a junho de 2003 como mostram as Figuras 5.11, 5.12 e 5.13 e a Tabela 5.4, com coletas de amostras acrescidas de mais quatro pontos. Estes pontos escolhidos foram nas curvas da chicanas, sendo três na lagoa facultativa e uma na lagoa de maturação.

Assim como na fase anterior, a Figura 5.10, 5.11 e 5.12 mostram que a redução da carga orgânica medida pela DQO foi significativa, as oscilações de carga na entrada têm pouca influência na qualidade do efluente da saída, também em termos de DQO, observação que pode ser confirmada com os valores apresentados na Tabela 5.4.

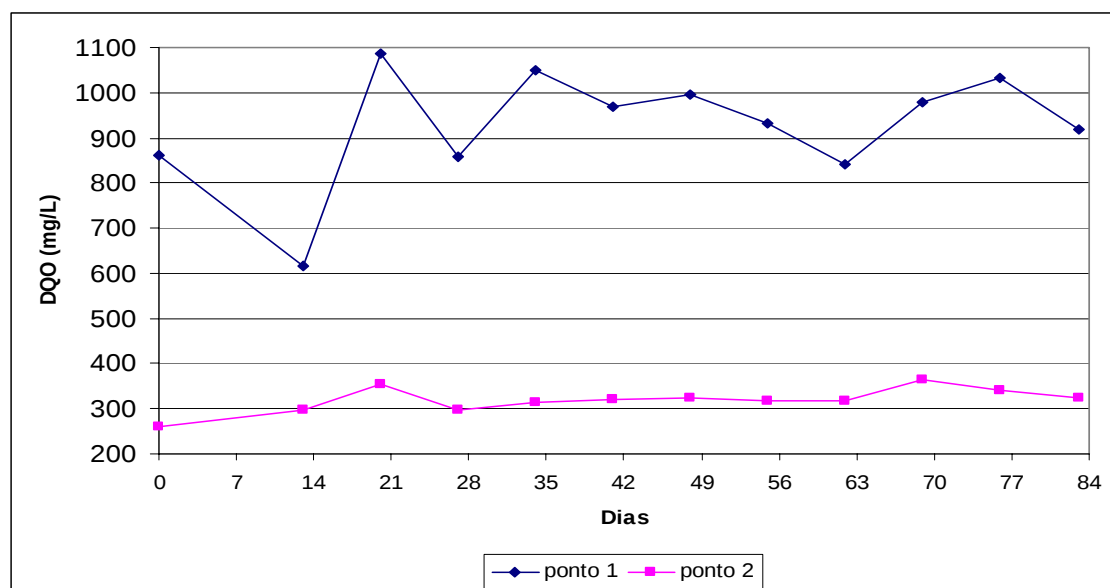


Figura 5.11- Valores de DQO nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia) no período de março a junho de 2003.

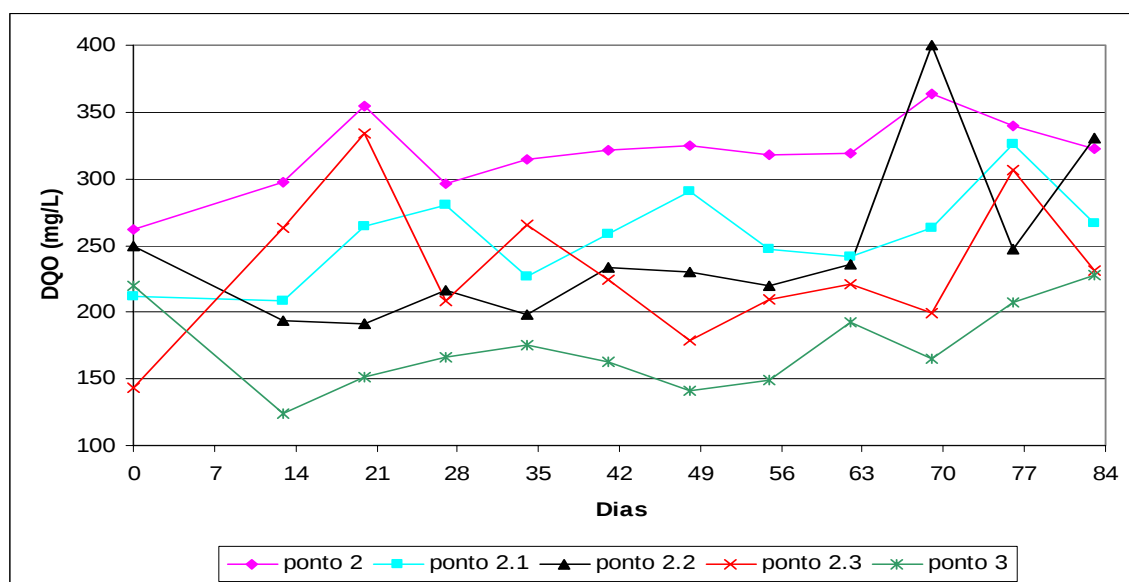


Figura 5.12- Valores de DQO nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída da lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.

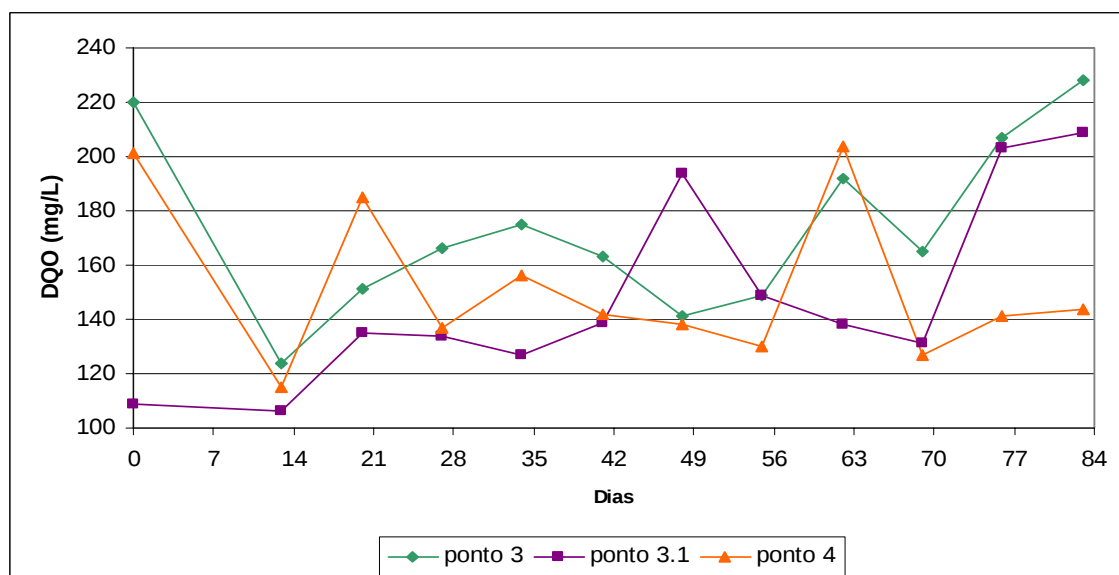


Figura 5.13- Valores de DQO nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março a junho de 2003.

Tabela 5.4– valores de DQO (mg/L) março a junho de 2003

Data	Dias	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	863	262	212	249	143	220	109	201
26/03/2003	13	615	297	208	193	263	124	106	115
02/04/2003	20	1088	354	264	191	334	151	135	185
09/04/2003	27	857	296	280	216	208	166	134	137
16/04/2003	34	1050	314	227	198	265	175	127	156
23/04/2003	41	968	321	258	233	224	163	139	142
30/04/2003	48	996	325	290	230	179	141	194	138
07/05/2003	55	931	318	247	220	210	149	149	130
14/05/2003	62	843	319	242	236	221	192	138	204
21/05/2003	69	979	363	263	400	199	165	131	127
28/05/2003	76	1032	340	326	247	307	207	203	141
04/06/2003	83	920	323	266	330	231	228	209	144
Média		928,5	319,33	256,92	245,25	232	173,42	147,83	151,67

Pela Tabela 5.4, os valores mínimos, máximos e médios de DQO foram: no **ponto 01**, 615mg/L, 1088mg/L e 928mg/L; no **ponto 02**, 262mg/L, 363 mg/L e 319mg/L; no **ponto 2.1**, 208mg/L, 326mg/L e 257mg/L; no **ponto 2.2**, 191mg/L, 400mg/L e 245mg/L; no **ponto 2.3**, 143mg/L, 334mg/L e 232mg/L; no **ponto 03**, 124mg/L, 228mg/L e 173mg/L; no **ponto 3.1**, 106 mg/L, 209 mg/L e 148 mg/L; no **ponto 04**, 114mg/L, 204mg/L e 152mg/L. Neste período a eficiência de redução, da DQO na ETE em cada unidade de tratamento foi de 65,61% na lagoa anaeróbia, 45,69% na lagoa facultativa e 12,54% na lagoa de maturação, 83,67% de eficiência de remoção total na ETE.

5.3 Sólidos Totais

Este parâmetro foi somente monitorado na 2^a. Etapa dos trabalhos, isto é, de março a junho de 2003.

Na Figura 5.14, observa-se uma variação de concentração dos sólidos totais, provavelmente causada por possíveis infiltrações de águas pluviais na rede coletora de esgoto, diluindo o esgoto que chegou ao ponto 01(entrada da lagoa anaeróbia). Esta observação pode ser confirmada na coleta do dia 26 de março de 2003, o tempo estava

nublado e com chuva, e nas demais amostras, com exceção do dia 07 e 21 de maio de 2003, existe uma estabilidade, com pequena variação nos valores de Sólidos Totais. As Figuras 5.15 e 5.16 apresenta os valores obtidos para as lagoas facultativa e de maturação respectivamente.

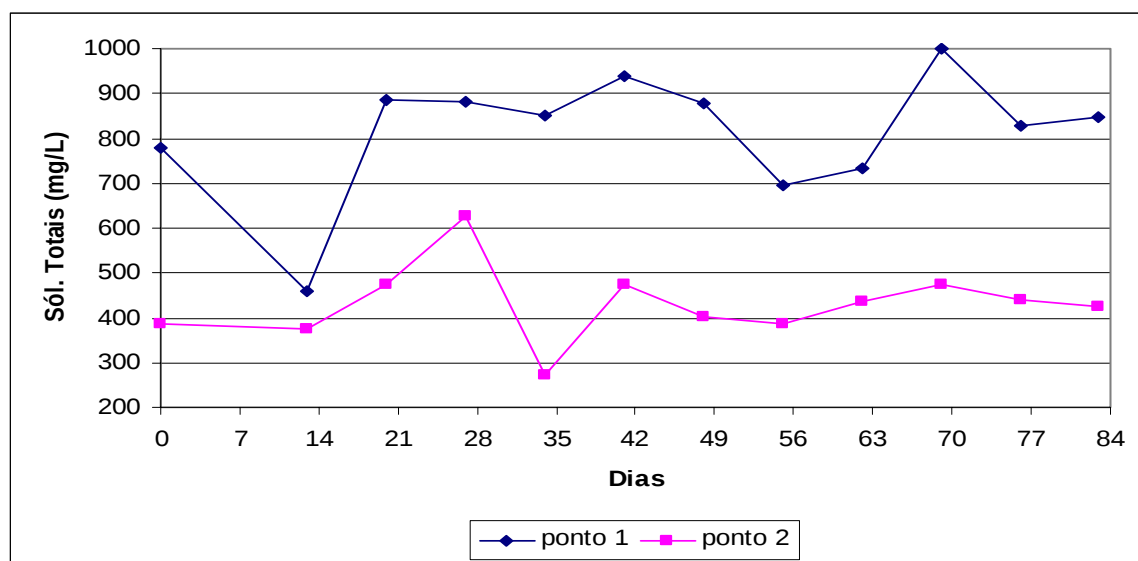


Figura 5.14- Valores de sólidos Totais nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia) no período de março a junho de 2003.

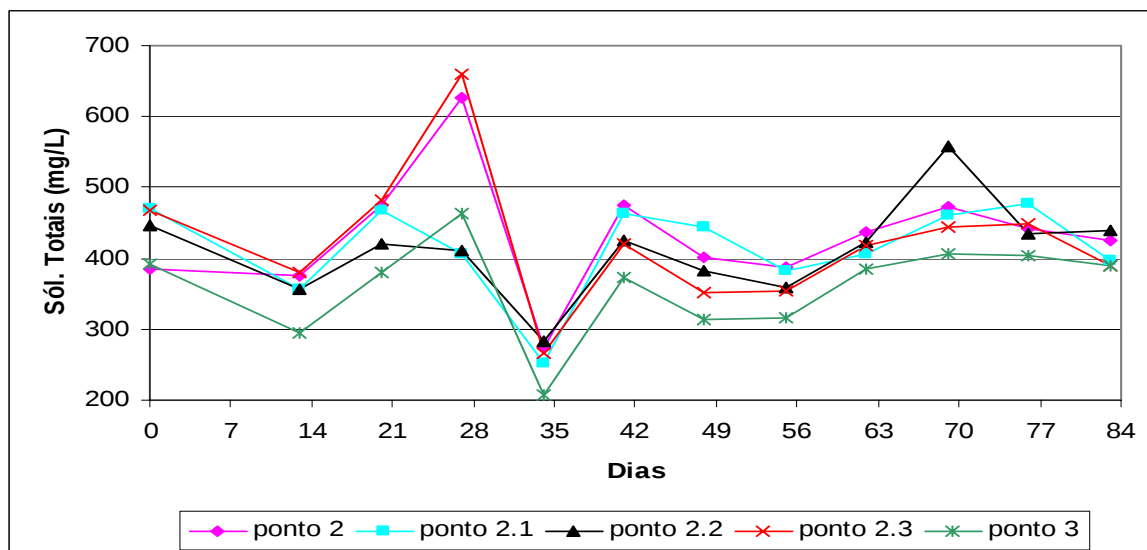


Figura 5.15- Valores de sólidos Totais nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.

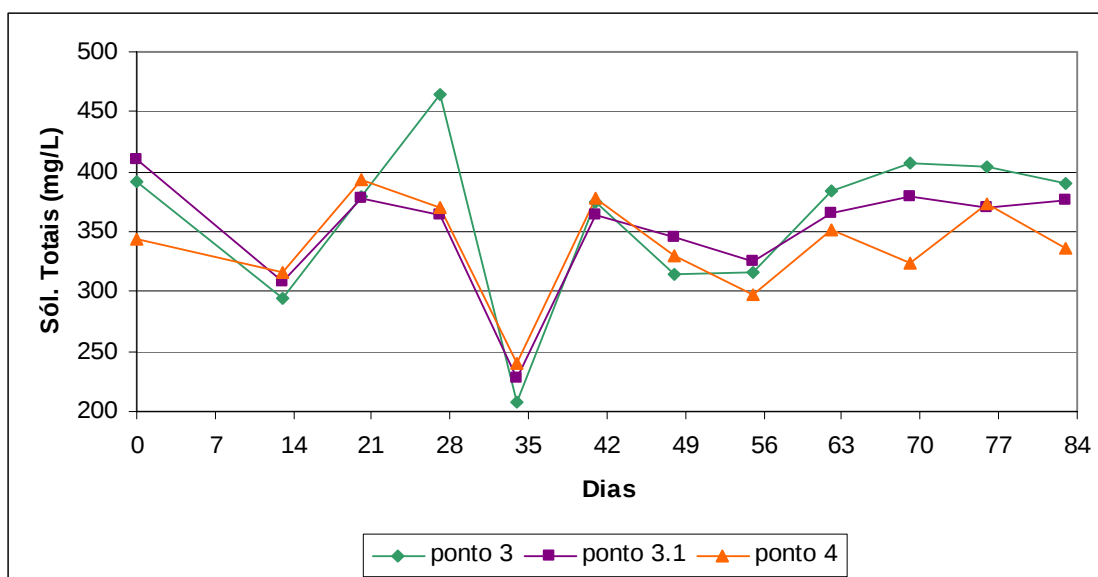


Figura 5.16- Valores de sólidos Totais nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março a junho de 2003.

A Tabela 5.5 mostra os valores de Sólidos Totais obtidos durante o monitoramento da 2^a. Etapa dos estudos.

Tabela 5.5– valores de Sólidos Totais (mg/L) março a junho de 2003

Data	Dias	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	778	386	470	446	468	392	410	344
26/03/2003	13	458	376	356	356	380	294	308	316
02/04/2003	20	886	474	468	420	482	380	378	394
09/04/2003	27	882	626	406	412	660	464	364	370
16/04/2003	34	852	274	252	284	266	208	228	240
23/04/2003	41	938	476	462	426	420	374	364	378
30/04/2003	48	878	402	444	382	352	314	346	330
07/05/2003	55	694	388	382	358	354	316	326	298
14/05/2003	62	732	438	406	422	418	384	366	352
21/05/2003	69	999	473	460	557	443	407	380	324
28/05/2003	76	830	441	477	434	449	404	370	373
04/06/2003	83	846	424	397	440	390	390	376	336
Média		814,42	431,50	415,00	411,42	423,5	360,58	351,33	337,92

Pela Tabela 5.5, os valores mínimos, máximos e médios de Sólidos Totais foram: no **ponto 01**, 458mg/L, 999mg/L e 844,42 mg/L; no **ponto 02**, 274mg/L, 626mg/L e 431mg/L; no **ponto 2.1**, 252mg/L, 477 mg/L e 415 mg/L; no **ponto 2.2**, 284mg/L, 557mg/L e 411 mg/L; no **ponto 2.3**, 266 mg/L, 660mg/L e 423mg/L; no **ponto 03**,

208mg/L, 464 mg/L e 361 mg/l; no **ponto 3.1**, 228mg/L, 410mg/L e 351 mg/L; e no **ponto 04**, 240mg/L, 394 mg/L e 338 mg/L. Neste período a eficiência de redução, de Sólidos Totais na ETE em cada unidade de tratamento foi de 48,90% na lagoa anaeróbia, 16,44% na lagoa facultativa e 6,28% na lagoa de maturação, e de 59,98% a eficiência de remoção total na ETE. Os valores elevados deste parametro pode ter sido causado pela produção elevada de algas nas lagoas facultativa e de maturação.

5.4 Sólidos Suspensos Totais

Os Sólidos Suspensos Totais somente foi monitorado na 2^a. Etapa dos trabalhos, isto é, de março a junho de 2003.

Na Figura 5.17, observa-se uma variação de concentração dos Sólidos Suspensos Totais, assim como em Sólidos Totais, provavelmente foram causadas por possíveis infiltrações de águas pluviais na rede coletora de esgoto. Devido a isto, o esgoto foi diluído até a chegada no ponto 01(entrada da lagoa anaeróbia), as Figuras 5.18 e 5.19 apresenta os valores obtidos nas lagoas facultativa e de maturação respectivamente.

Na Figura 5.18, os pontos estudados na lagoa facultativa apresentam valores superiores ao da saída da lagoa anaeróbia, provavelmente pela grande quantidade de algas em suspensão, tornando a reduzir na saída da lagoa facultativa.

A Tabela 5.6 apresenta os valores obtidos no período de Março a Junho de 2003. Nela, os valores mínimos, máximos e médios de Sólidos Suspensos Totais foram: no **ponto 01**, 243mg/L, 454mg/L e 336mg/L; no **ponto 02**, 33mg/L, 162mg/L e 88mg/L; no **ponto 2.1**, 41mg/L 198mg/L e 111mg/L; no **ponto 2.2**, 33mg/L, 195mg/L e 108mg/L.; no **ponto 2.3**, 36mg/L, 202mg/L e 110mg/L; no **ponto 03**, 12mg/L, 187mg/L e 82mg/L; no **ponto 3.1**, 25mg/L, 150mg/L e 72 mg/L; e no **ponto 04**, 26mg/L, 132 g/L e 66 mg/L. Neste período, a eficiência de redução, de Sólidos Suspensos Totais na ETE em cada

unidade de tratamento foi de 73,87% na lagoa anaeróbia, 6,72% na lagoa facultativa e 18,75% na lagoa de maturação e eficiência de remoção total na ETE foi 80,20%.

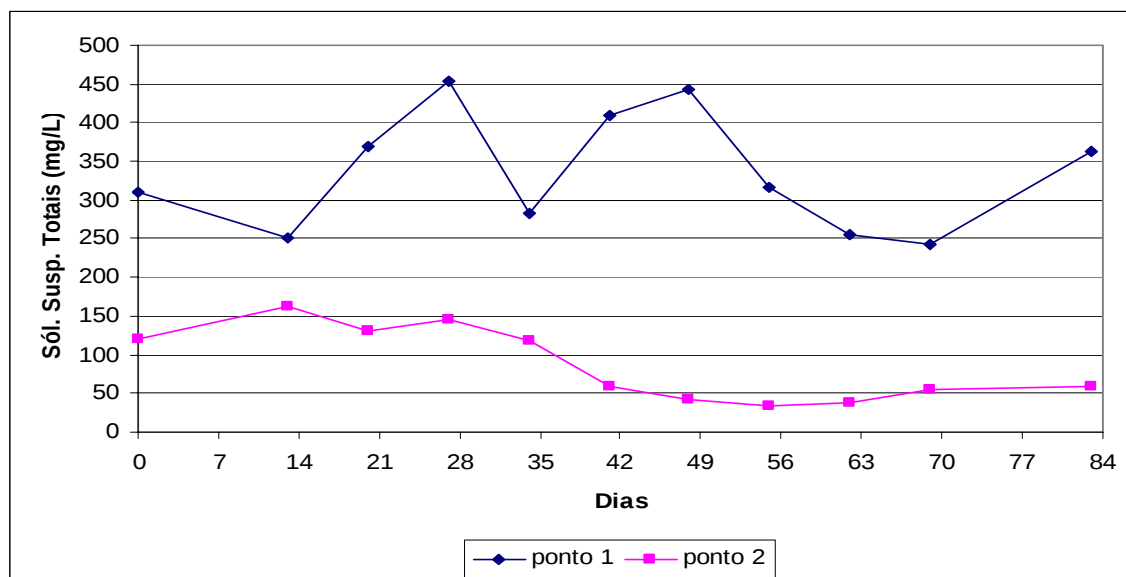


Figura 5.17- Valores de sólidos Suspensos Totais nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia) no período de março a junho de 2003.

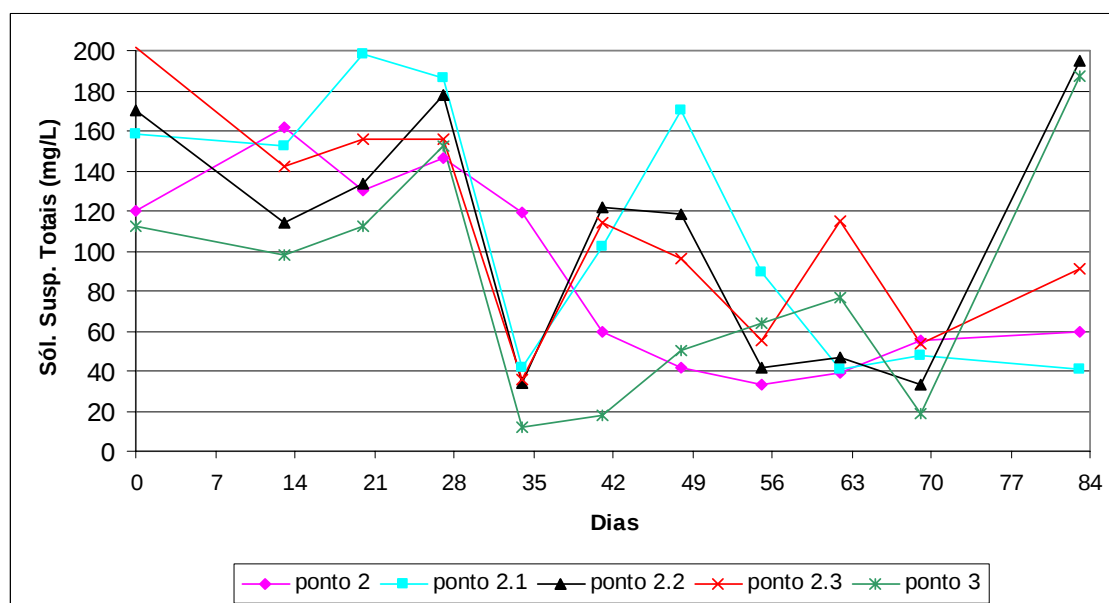


Figura 5.18- Valores de sólidos Suspensos Totais nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.

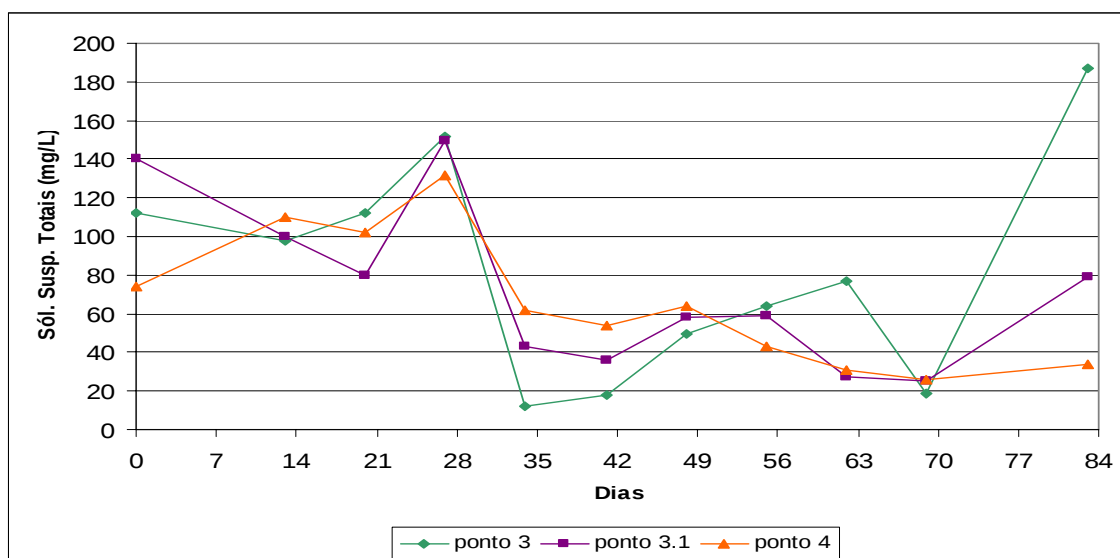


Figura 5.19- Valores de sólidos Suspensos Totais nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março a junho de 2003.

Tabela 5.6– valores de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) março a junho de 2003

Data	Dias	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	310	120	158	170	202	112	140	74
26/03/2003	13	252	162	152	114	142	98	100	110
02/04/2003	20	370	130	198	134	156	112	80	102
09/04/2003	27	454	146	186	178	156	152	150	132
16/04/2003	34	282	119	42	34	36	12	43	62
23/04/2003	41	410	60	102	122	114	18	36	54
30/04/2003	48	442	42	170	118	96	50	58	64
07/05/2003	55	316	33	89	42	55	64	59	43
14/05/2003	62	256	39	41	47	115	77	27	31
21/05/2003	69	243	55	48	33	54	19	25	26
04/06/2003	83	362	60	41	195	91	187	79	34
Média	336,1	87,81	111,55	107,91	110,63	81,91	72,45	66,55	

A oscilação destes valores assim como Sólidos Totais, se deve provavelmente ao fato da lagoa facultativa e de maturação produzir muitas algas.

5.5. Sólidos Sedimentáveis

Sólidos Sedimentáveis monitorado na 2ª. Etapa dos trabalhos, isto é, de março a junho de 2003, apresentam valores conforme as Figuras 5.20, 5.21 e 5.22 e Tabela 5.7 nos pontos 1, 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3, 3.1 e 4, nas quais pode-se constatar que na entrada da lagoa anaeróbia (ponto 1) este parâmetro tem apresentado grandes oscilações.

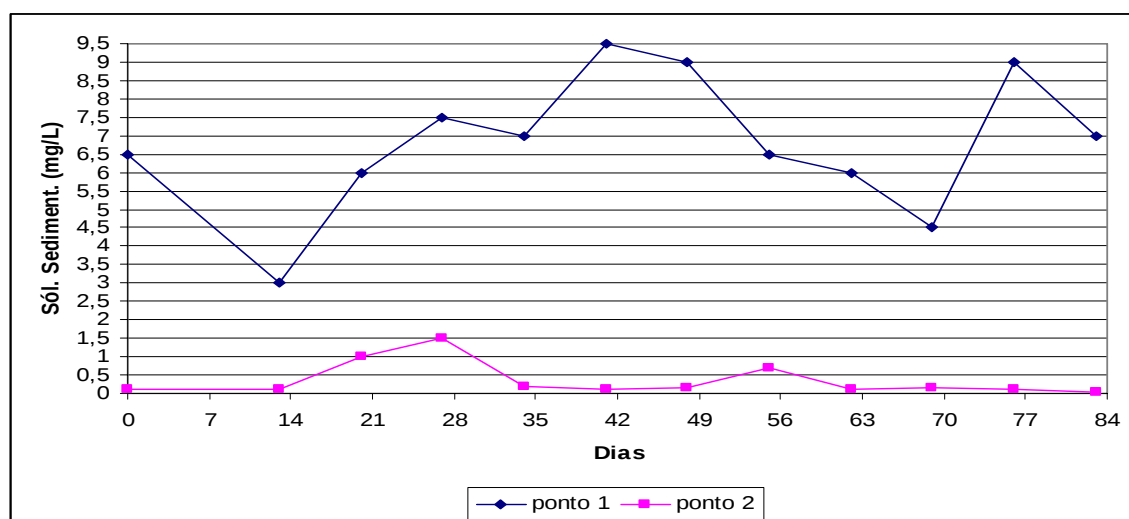


Figura 5.20- Valores de Sólidos Sedimentáveis nos pontos 1 e 2 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003.

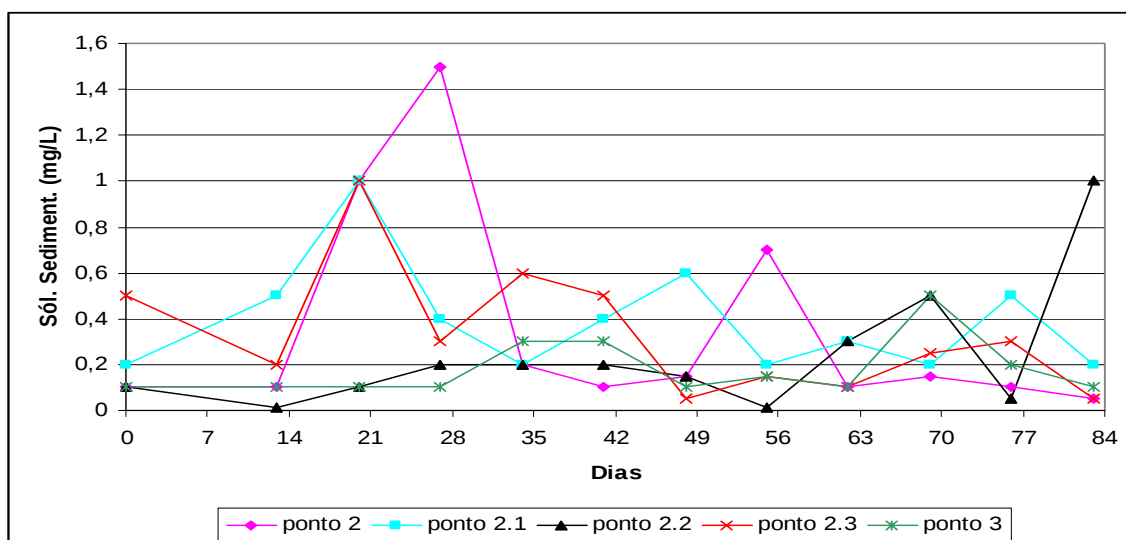


Figura 5.21- Valores de Sólidos Sedimentáveis nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa anaeróbia), no período de março a junho de 2003

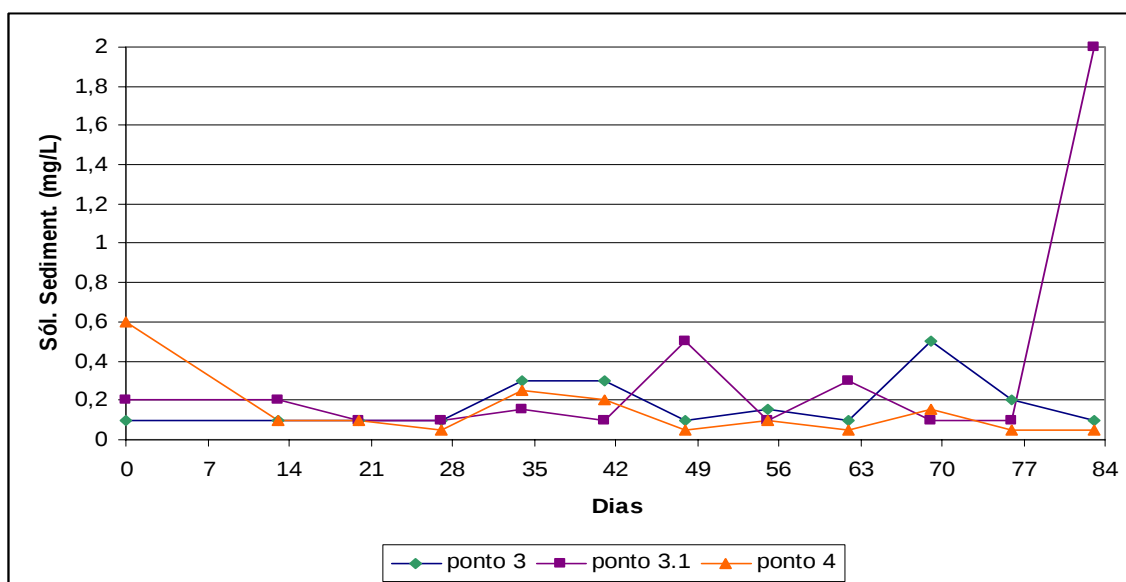


Figura 5.22- Valores de Sólidos Sedimentáveis nos pontos 3, 3.1 e 4.(entrada e saída na lagoa de maturação), no período de março a junho de 2003

Tabela 5.7- valores de Sólidos Sedimentáveis março a junho de 2003

Data	Dias	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	6,5	0,1	0,2	0,1	0,5	0,1	0,2	0,6
26/03/2003	13	3	0,1	0,5	0,01	0,2	0,1	0,2	0,1
02/04/2003	20	6	1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,1
09/04/2003	27	7,5	1,5	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,05
16/04/2003	34	7	0,2	0,2	0,2	0,6	0,3	0,15	0,25
23/04/2003	41	9,5	0,1	0,4	0,2	0,5	0,3	0,1	0,2
30/04/2003	48	9	0,15	0,6	0,15	0,05	0,1	0,5	0,05
07/05/2003	55	6,5	0,7	0,2	0,01	0,15	0,1	0,1	0,1
14/05/2003	62	6	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,05
21/05/2003	69	4,5	0,15	0,2	0,5	0,25	0,5	0,1	0,15
28/05/2003	76	9	0,1	0,5	0,05	0,3	0,2	0,1	0,05
04/06/2003	83	7	0,05	0,2	1	0,05	0,1	0,2	0,05
Média		6,79	0,35	0,32	0,31	0,26	0,18	0,18	0,15

Assim, pela Tabela 5.7, os valores mínimos, máximos e médios de Sólidos Sedimentáveis foram: no **ponto 01**, 3,0 mg/L, 9,0mg/L e 7,0mg/L; no **ponto 02**, 0,05mg/L, 1,00 mg/L e 0,30mg/L; no **ponto 2.1**, 0,1mg/L, 0,6mg/L e 0,30mg/L; no **ponto 2.2**, 0,01mg/L, 1,00mg/L e 0,30mg/L; no **ponto 2.3**, 0,05mg/L, 0,50mg/L e 0,20mg/L; no **ponto 03**, 0,1mg/L, 0,5mg/L e 0,2mg/L;no **ponto 3.1**, 0,10mg/L, 0,20mg/L e 0,18 mg/L;

e no **ponto 04** , 0,05mg/L, 0,60mg/L e 0,15 mg/L. Neste período, a eficiência de redução, de Sólidos Sedimentáveis na ETE em cada unidade de tratamento foi de 94,85% na lagoa anaeróbia, 48,57% na lagoa facultativa e 16,67% na lagoa de maturação e a eficiência de remoção total na ETE foi de 97,79%.

5.6 Coliformes Totais

Para coliformes Totais foram feitas análises do período de 30 de abril a 04 de junho de 2003. Os resultados obtidos foram satisfatórios como se pode verificar na Figura 5.23 e Tabela 5.8.

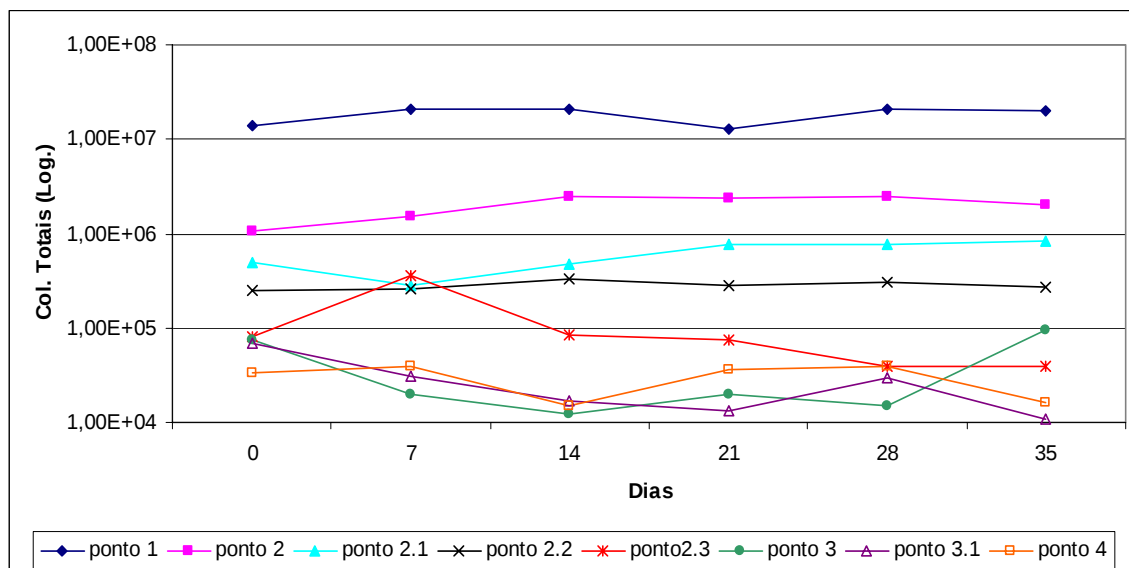


Figura 5.23- Valores de Coliformes Totais nos pontos 01, 02, 2.1, 2.2, 2.3, 03, 3.1 e 04, no período de abril a junho de 2003.

Tabela 5.8– Valores de Coliforme Totais de abril a junho de 2003

Data	Dias	ponto01	ponto02	ponto21	ponto22	ponto23	ponto03	ponto31	ponto04
30/04/2003	0	1,38E+07	1,05E+06	5,00E+05	2,50E+05	8,00E+04	7,50E+04	6,80E+04	3,40E+04
07/05/2003	7	2,10E+07	1,55E+06	2,85E+05	2,60E+05	3,65E+05	2,00E+04	3,10E+04	4,00E+04
14/05/2003	14	2,10E+07	2,47E+06	4,80E+05	3,30E+05	8,50E+04	1,20E+04	1,70E+04	1,50E+04
21/05/2003	21	1,31E+07	2,35E+06	7,80E+05	2,85E+05	7,60E+04	2,00E+04	1,30E+04	3,60E+04
28/05/2003	28	2,08E+07	2,43E+06	7,70E+05	3,05E+05	4,00E+04	1,50E+04	3,00E+04	4,00E+04
04/06/2003	35	2,00E+07	2,05E+06	8,50E+05	2,75E+05	4,00E+04	9,50E+04	1,10E+04	1,60E+04
Média		1,80E+07	1,98E+06	6,11E+05	2,84E+05	1,14E+05	3,95E+04	2,83E+04	3,02E+04

Pela Tabela 5.8, os valores mínimos, máximos e médios de Coliformes Totais foram: no **ponto 01**, 1,38E+07 NMP/100mL, 2,10E+07 NMP/100mL e 1,82E+07 NMP/100mL; no **ponto 02**, 1,05E+06 NMP/100mL, 2,47E+06 NMP/100mL e 1,98E+06 NMP/100mL; no **ponto 2.1**, 2,85E+05 NMP/100mL, 8,50E+05 NMP/100mL e 6,11E+05 NMP/100mL; no **ponto 2.2**, 2,50E+05 NMP/100mL, 3,30E+05 NMP/100mL e 2,84E+05 NMP/100mL; no **ponto 2.3**, 4,00E+04 NMP/100mL, 3,65E+05 NMP/100 mL e 1,14E+05 NMP/100mL; no **ponto 03**, 1,20E+04 NMP/100mL, 9,50E+04 NMP/100mL e 3,95E+04 NMP/100mL; no **ponto 3.1**, 1,10E+04 NMP/100mL, 6,80E+04 NMP/100mL e 2,83E+04 NMP/100mL; e no **ponto 04**, 1,50E+04 NMP/100mL, 4,00E+04 NMP/100mL e 3,02E+04 NMP/100mL. Neste período, a eficiência de redução, de Coliformes Totais na ETE em cada unidade de tratamento foi de 89,15% na lagoa anaeróbia, 98,00% na lagoa facultativa e 23,63% na lagoa de maturação e a eficiência de remoção total na ETE foi de 99,84%.

5.7 Coliformes Fecais

As análises para Coliformes Fecais foram realizadas no período de abril a junho de 2003, onde os resultados estão na Figura 5.24 e Tabela 5.9.

Tabela 5.9– valores de Coliforme Fecais de abril a junho de 2003

Data	Dias	ponto01	ponto02	ponto2.1	ponto2.2	ponto2.3	ponto03	ponto3.1	ponto04
30/04/2003	0	7,60E+06	4,90E+05	2,05E+05	8,00E+04	6,00E+04	6,00E+03	7,00E+02	4,00E+02
07/05/2003	7	1,10E+07	8,80E+05	1,35E+05	1,10E+05	3,00E+04	1,20E+04	1,50E+03	3,00E+02
14/05/2003	14	1,10E+07	9,50E+05	2,60E+05	2,15E+05	9,80E+04	1,00E+04	1,30E+03	1,00E+02
21/05/2003	21	1,17E+07	1,19E+06	4,35E+05	2,50E+05	9,80E+04	8,00E+03	5,00E+02	1,00E+02
28/05/2003	28	1,34E+07	1,78E+06	5,05E+05	1,50E+05	1,20E+04	6,00E+03	3,00E+02	5,00E+02
04/06/2003	35	1,51E+07	1,40E+06	4,60E+05	2,30E+05	1,20E+04	2,00E+04	1,00E+02	1,00E+02
Média		1,16E+07	1,12E+06	3,33E+05	1,73E+05	5,17E+04	1,03E+04	7,33E+02	2,50E+02

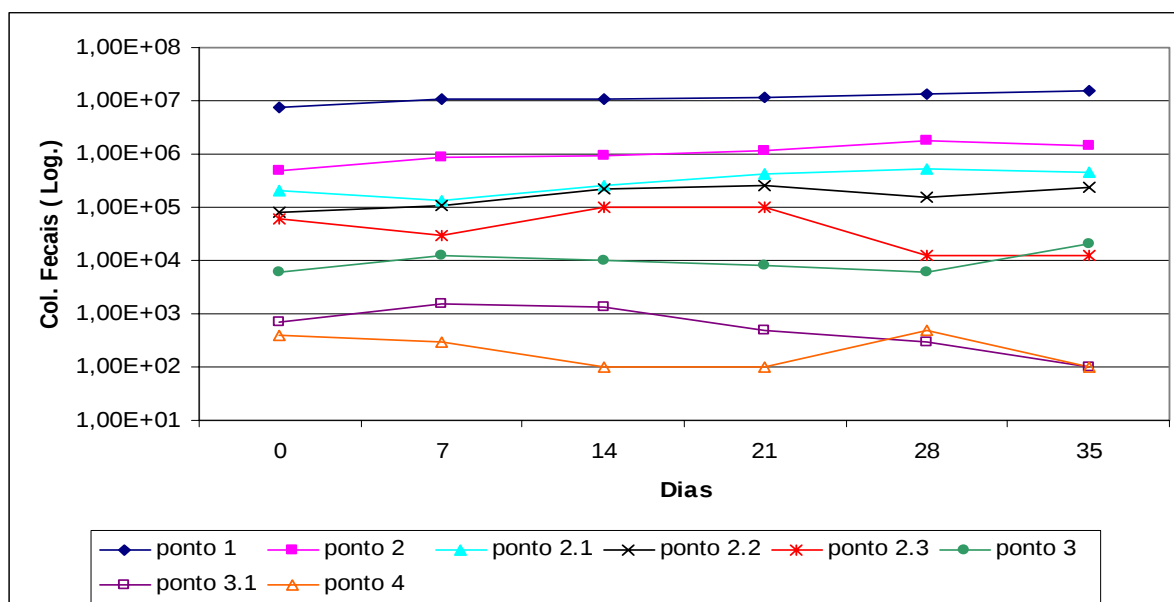


Figura 5.24- Valores de Coliformes Fecais nos pontos 1, 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3, 3.1 e 4, no período de abril a junho de 2003.

Pela Tabela 5.9, os valores mínimos, máximos e médios de Coliformes Fecais foram: no **ponto 1**, 1,51E+06NMP/100mL, 7,60E+07NMP/100mL e 1,16E+07NMP/100mL; no **ponto 02**, 4,90E+05 NMP/100mL, 1,78E+06 NMP/100mL e 1,12E+06 NMP/100mL; no **ponto 2.1**, 1,35E+05 NMP/100mL, 5,05E+05 NMP/100mL e 3,33E+05 NMP/100mL; no **ponto 2.2**, 8,00E+04 NMP/100mL, 2,50E+05 NMP/100mL e 1,73E+05 NMP/100mL; no **ponto 2.3**, 1,20E+04 NMP/100mL, 9,80E+04MP/100mL e

5,17E+04 NMP/100mL; no **ponto 03**, 6,00E+03 NMP/100mL, 2,00E+04 NMP/100mL e 1,03E+04 NMP/100 mL; no **ponto 3.1**, 1,00E+02 NMP/100mL, 1,50E+03 NMP/100mL e 7,33E+02 NMP/100mL; e no **ponto 04**, 1,00E+02 NMP/100mL, 5,00E+02 NMP/100mL e 2,50E+02 NMP/100mL. Neste período, a eficiência de redução, de Coliformes Fecais na ETE em cada unidade de tratamento foi de 90,41% na lagoa anaeróbia, 99,07% na lagoa facultativa e 97,58% na lagoa de maturação e a eficiência de remoção total na ETE foi de 99,9978%.

5.8 Oxigênio Dissolvido – OD

A variação dos valores de oxigênio dissolvido nos pontos coletados é apresentada nas Figuras 5.25, 5.26 e 5.27 e na Tabela 5. 10.

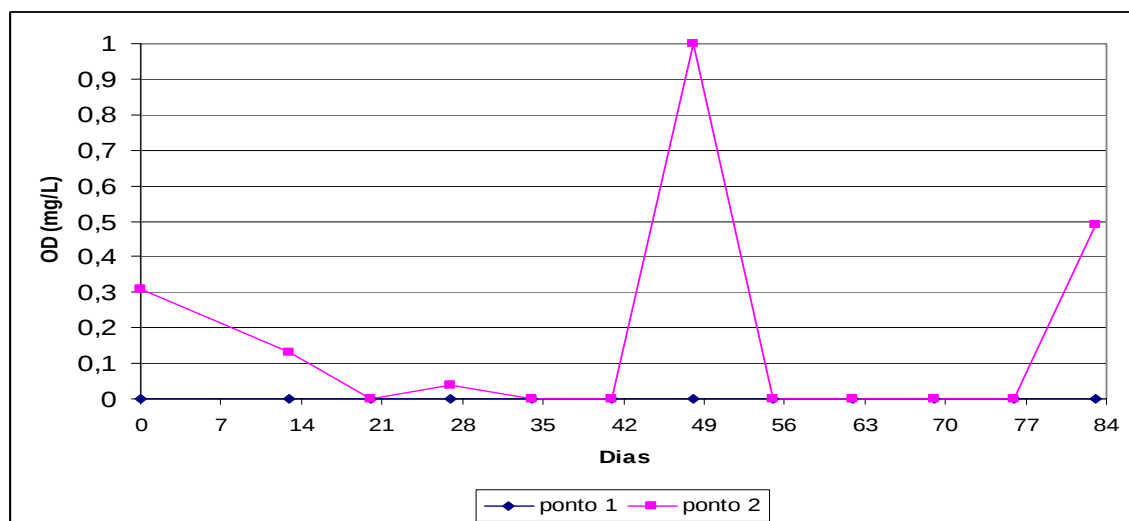


Figura 5.25- Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia) no período de março a junho de 2003.

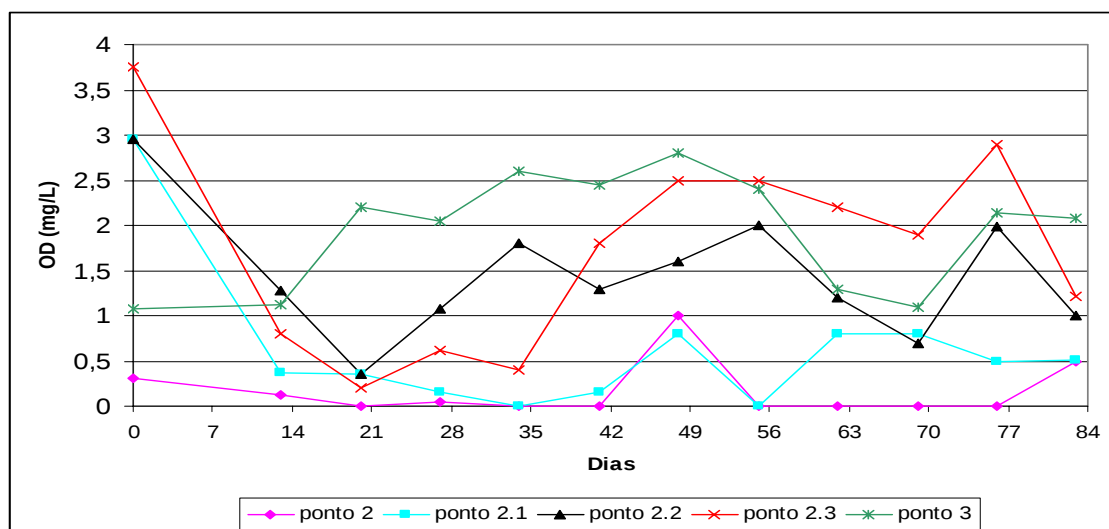


Figura 5.26- Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.

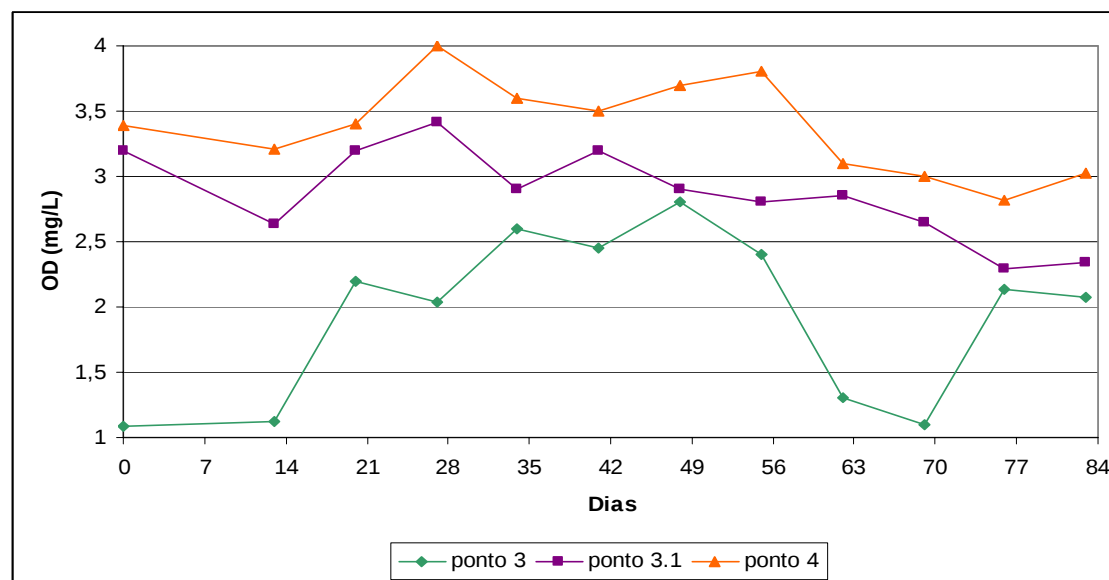


Figura 5.27- Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março a junho de 2003.

Tabela 5.10– valores de Oxigênio Dissolvido de março a junho de 2003

Data	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	0,62	5,9	5,9	7,5	2,16	6,2	6,78
26/03/2003	0	0,26	0,74	2,54	1,6	2,24	5,28	6,42
02/04/2003	0	0	0,7	0,7	0,4	4,4	6,4	6,8
09/04/2003	0	0,08	0,32	3,6	1,22	4,08	6,82	8
16/04/2003	0	0	0	3,6	0,8	5,2	5,8	7,2
23/04/2003	0	0	0,3	2,6	3,6	4,9	6,4	7
30/04/2003	0	0	1,6	3,2	5	5,6	5,8	7,4
07/05/2003	0	0	0	4	5	4,8	5,6	7,6
14/05/2003	0	0	1,6	2,4	4,4	2,6	5,7	6,2
21/05/2003	0	0	1,6	1,4	3,8	2,2	5,7	6
28/05/2003	0	0	1	3,98	3,8	4,28	4,58	5,64
04/06/2003	0	0,98	1,02	2	2,4	4,14	4,68	6,04
Média	0	0,17	1,23	2,99	3,29	3,88	5,75	6,76

Pela Tabela 5.10, os valores mínimos, máximos e médios de Oxigênio Dissolvido – OD foram de: no **ponto 01**, 0,0mg/L; no **ponto 02**, 0,00 mg/L, 0,98 mg/L e 0,17mg/L; no **ponto 2.1**, 0,0mg/L, 5,9mg/L e 1,23mg/L, no **ponto 2.2**, 0,7mg/L, 5,9mg/L e 3,0mg/L; no **ponto 2.3**, 0,8mg/L, 7,5 mg/L e 3,3 mg/L; no **ponto 03**, 2,1 mg/L, 5,6 mg/L e 3,8mg/L; no **ponto 3.1**, 4,6mg/L, 6,8 mg/L e 5,7 mg/L; e no **ponto 04**, 5,6 mg/L, 8,0mg/L e 6,7mg/L. O teor de OD nas lagoas apresenta-se crescente da entrada para saída, atingindo um teor médio de 6,7mg/L na saída da lagoa de maturação.

5.9 Potencial Hidrogeniônico – pH

A variação do pH se deu dentro do que se espera para lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação, como se observa nas Figuras 5.28, 5.29 e 5.30 e Tabela 5.11.

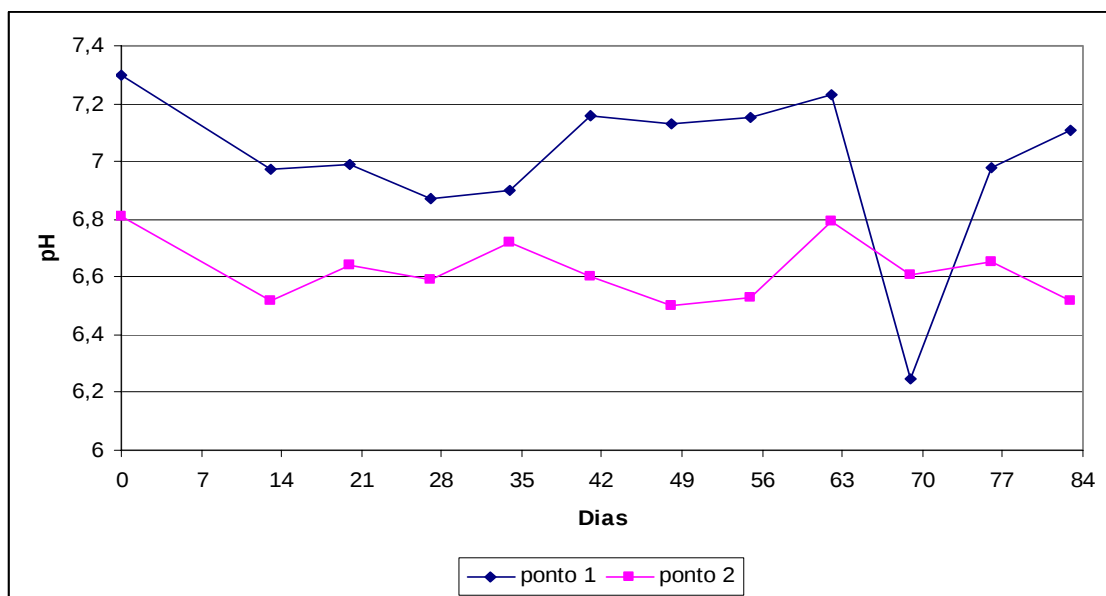


Figura 5.28- Valores de pH nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia) no período de março a junho de 2003.

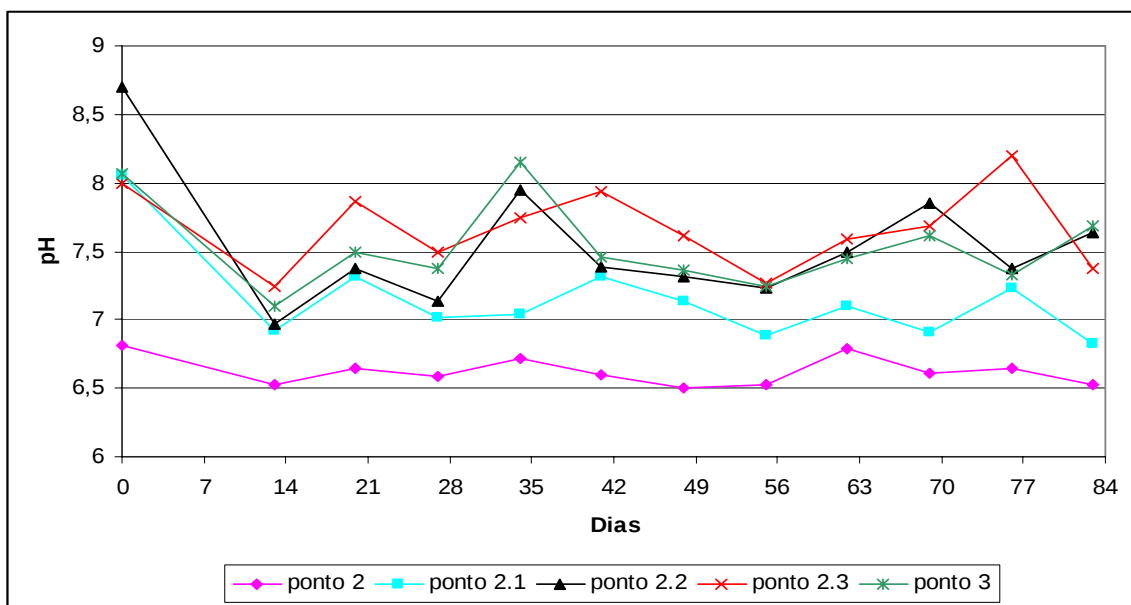


Figura 5.29- Valores de pH nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.

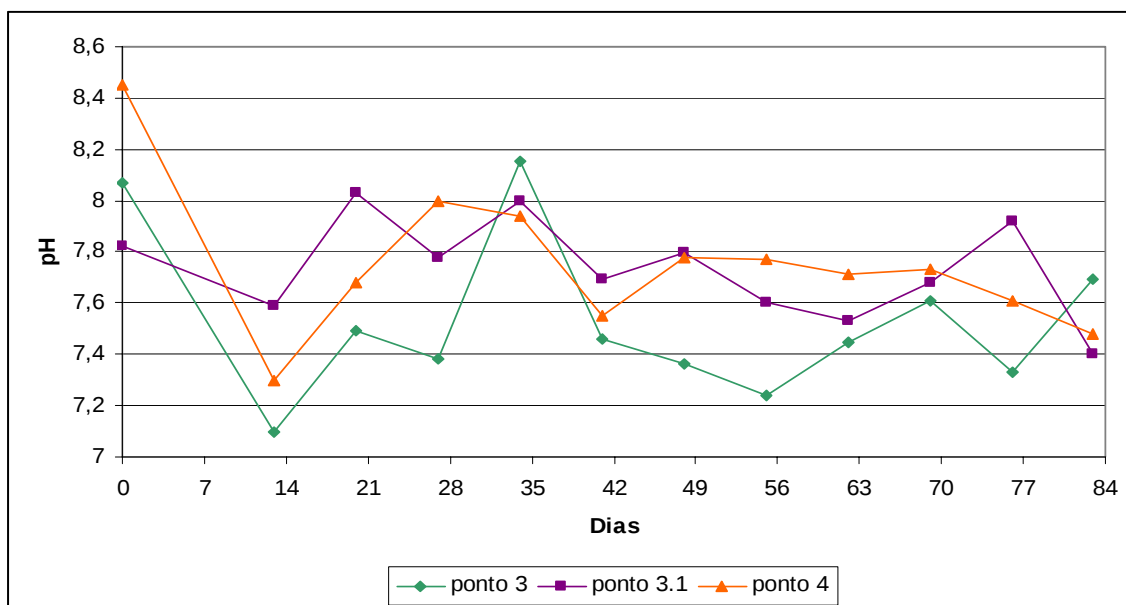


Figura 5.30- Valores de pH nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março a junho de 2003.

Tabela 5.11– valores de pH de março a junho de 2003

Data	Dias	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	7,3	6,81	8,05	8,7	8	8,01	7,82	8,45
26/03/2003	13	6,97	6,52	6,92	6,97	7,24	7,1	7,59	7,3
02/04/2003	20	6,99	6,64	7,31	7,37	7,87	7,49	8,03	7,68
09/04/2003	27	6,87	6,59	7,01	7,13	7,49	7,38	7,78	8
16/04/2003	34	6,9	6,72	7,04	7,95	7,75	8,15	8	7,94
23/04/2003	41	7,16	6,6	7,31	7,39	7,94	7,46	7,69	7,55
30/04/2003	48	7,13	6,5	7,14	7,31	7,61	7,36	7,8	7,78
07/05/2003	55	7,15	6,53	6,89	7,23	7,27	7,24	7,6	7,77
14/05/2003	62	7,23	6,79	7,1	7,49	7,59	7,45	7,53	7,71
21/05/2003	69	6,25	6,61	6,91	7,85	7,68	7,61	7,68	7,73
28/05/2003	76	6,98	6,65	7,23	7,38	8,2	7,33	7,92	7,61
04/06/2003	83	7,11	6,52	6,83	7,64	7,38	7,69	7,4	7,48
Média	7	6,62	7,15	7,53	7,67	7,52	7,74	7,75	

Pela Tabela 5.11, os valores de pH apresentaram valores mínimos, máximos e médios de: no **ponto 01**, 6,2, 7,3 e 7,0; no **ponto 02**, 6,5, 6,8 e 6,6; no **ponto 2.1**, 6,8, 8,0 e 7,1; no **ponto 2.2**, 6,9, 8,7 e 7,5; no **ponto 2.3**, 7,2, 8,2 e 7,6; no **ponto 03**, 7,1, 8,1 e 7,5; no **Ponto 3.1**, 7,4, 8,0 e 7,7; e no **ponto 04**, 7,3, 8,5 e 7,7. Os valores médios

de pH nas lagoas apresentaram próximos da neutralidade, com valores oscilando entre 7,1 a 7,7 excetuando a lagoa anaeróbia que tem o efluente ligeiramente ácido, pH de 6,6.

5.10 Temperatura

A variação dos valores de Temperatura nos pontos coletados é demonstrada nas Figuras 5.31, 5.32 e 5.33 e Tabela 5. 12.

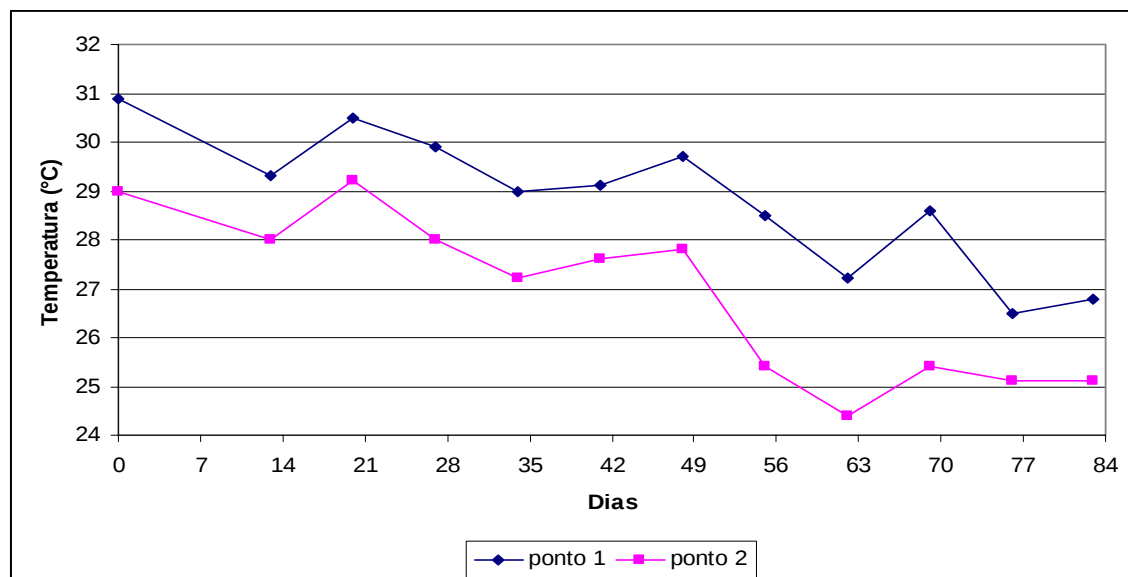


Figura 5.31-Valores de Temperatura nos pontos 1 e 2 (entrada e saída da lagoa anaeróbia) no período de março a junho de 2003.

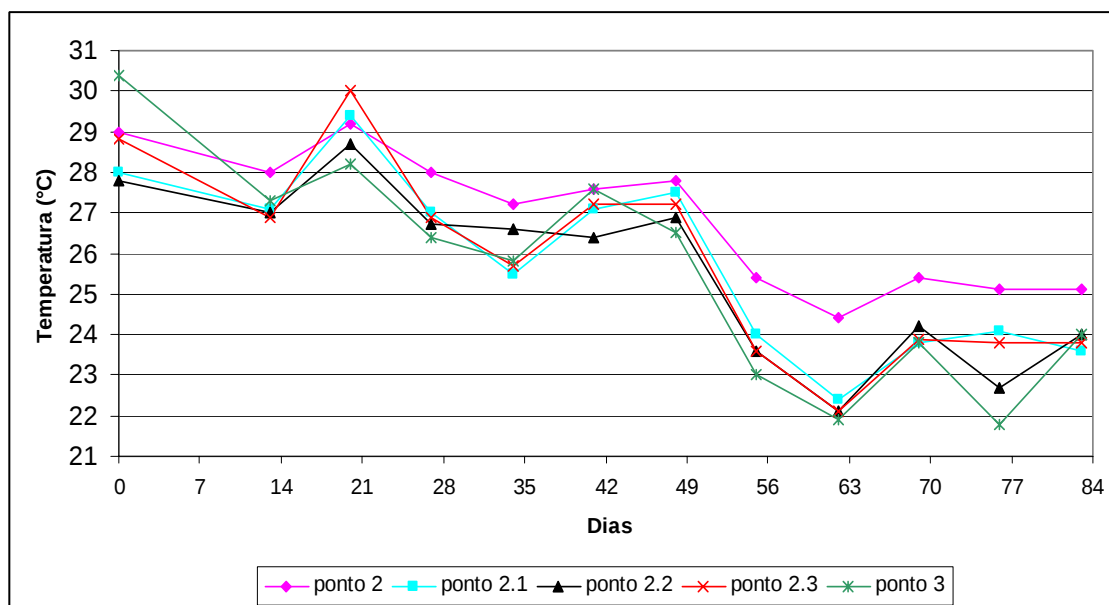


Figura 5.32- Valores de Temperatura nos pontos 2, 2.1, 2.2, 2.3 e 3 (entrada e saída na lagoa facultativa) no período de março a junho de 2003.

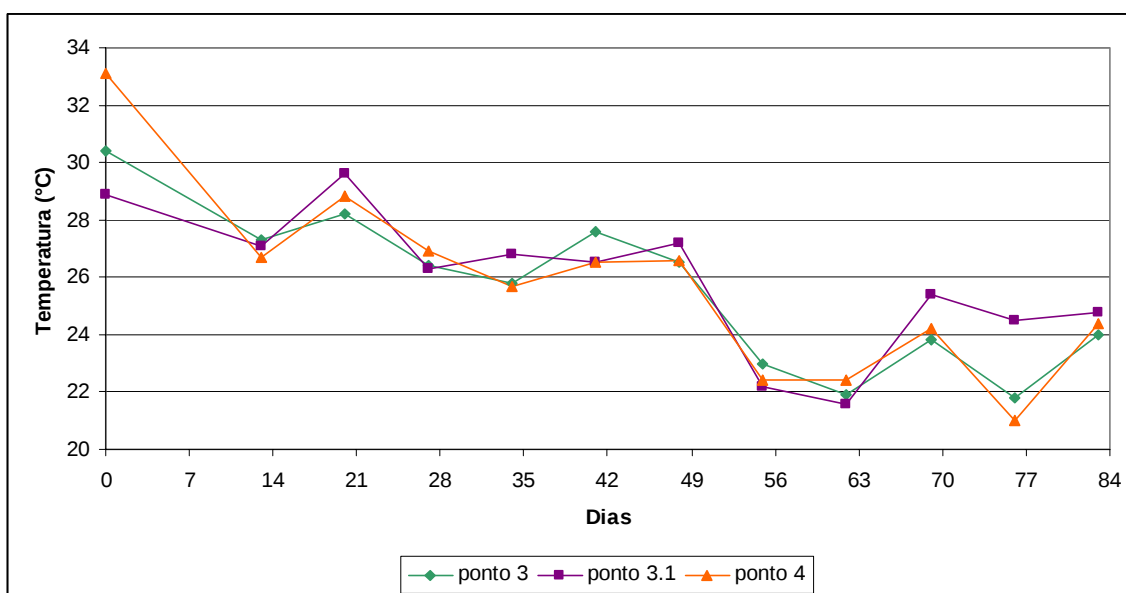


Figura 5.33- Valores de Temperatura nos pontos 3, 3.1 e 4 (entrada e saída na lagoa de maturação) no período de março de junho de 2003.

Tabela 5.12– valores de Temperatura de março a junho de 2003

Data	Dias	ponto 01	ponto 02	ponto 2.1	ponto 2.2	ponto 2.3	ponto 03	ponto 3.1	ponto 04
13/03/2003	0	30,90	29,00	28,00	27,80	28,80	30,40	28,90	33,10
26/03/2003	13	29,30	28,00	27,10	27,00	26,90	27,30	27,10	26,70
02/04/2003	20	30,50	29,20	29,40	28,70	30,00	28,20	29,60	28,80
09/04/2003	27	29,90	28,00	27,00	26,70	26,90	26,40	26,30	26,90
16/04/2003	34	29,00	27,20	25,50	26,60	25,70	25,80	26,80	25,70
23/04/2003	41	29,10	27,60	27,10	26,40	27,20	27,60	26,50	26,50
30/04/2003	48	29,70	27,80	27,50	26,90	27,20	26,50	27,20	26,60
07/05/2003	55	28,50	25,40	24,00	23,60	23,60	23,00	22,20	22,40
14/05/2003	62	27,20	24,40	22,40	22,10	22,10	21,90	21,60	22,40
21/05/2003	69	28,60	25,40	23,80	24,20	23,90	23,80	25,40	24,20
28/05/2003	76	26,50	25,10	24,10	22,70	23,80	21,80	24,50	21,00
04/06/2003	83	26,80	25,10	23,60	24,00	23,80	24,00	24,80	24,40
Média		28,83	26,85	25,79	25,56	25,83	25,56	25,91	25,73

Pela Tabela 5.12, os valores mínimos, máximos e médios de Temperatura foram: no **ponto 01**, 26°C, 31 °C e 29°C; no **ponto 02**, 24 C, 29°C e 27°C; no **ponto 2.1**, 24°C, 29°C e 26°C; no **ponto 2.2**, 22°C, 29 °C e 25°C; no **ponto 2.3**, 22°C, 30°C e 26°C; no **ponto 03**, 22°C, 30°C e 25°C; no **ponto 3.1**, 22°C, 29 °C e 26°C; e no **ponto 04**, 21°C, 33°C e 26°C. Pelos resultados as temperaturas médias nas lagoas foram praticamente constantes.

6 Discussão dos Resultados

O projeto da Estação de Tratamento de Esgotos de Santa Fé do Sul inicialmente visava atender as exigências da legislação específica sobre padrões de lançamento e a preservação do corpo receptor com a remoção dos poluentes. Para tanto, previu-se o tratamento no nível secundário.

Com a implantação do projeto esperava-se obter uma eficiência de 99,9985% na redução de Coliformes Fecais e na eficiência de remoção da DBO₅ total de 95%, sendo eficiência de 83% para Lagoa Anaeróbia, 67% para a Lagoa Facultativa e a lagoa de maturação apenas de polimento e remoção de coliformes.

Pelos resultados coletados no presente trabalho na ETE, apresentou eficiência de redução de DBO para cada unidade de tratamento conforme pode ser observado na Tabela 6.1.

Tabela 6.1– Comparação da Remoção da DBO entre Projeto e Real

	Redução de DBO			
	L. Anaeróbia	L. Facultativa	L. Maturação	Total
Projeto	83%	67%	0	95%
Real	67%	74%	52%	96%

Pelos valores apresentados, mostram que o projetista superestimou a eficiência de remoção da lagoa anaeróbia e adotou valores conservadores em relação aos demais. Quanto às eficiências de remoção preconizadas nas literaturas correntes (von Sperling, 1996; Silva & Mara, 1979, Kellner & Pires, 1998; Uehara & Vidal, 1989) indicam que a eficiência em lagoas anaeróbias giram em torno de 50 a 70%, nas facultativas entre 70 a 85% e na de maturação não há referências quanto ao percentual de remoção. Assim, os resultados experimentais obtidos no presente monitoramento, mostraram que as lagoas tiveram comportamento próximos aos preconizados, destacando-se a remoção na lagoa de maturação em torno de 50%. Devido ao desempenho apresentado na lagoa de maturação, a eficiência final da ETE chegou a 96%.

Quanto a redução de Coliformes Fecais, os resultados apresentados pela ETE no período da pesquisa, mostrou eficiência de 90,41% na lagoa anaeróbia, 99,07% na lagoa facultativa e 97,58% na lagoa de maturação e resultando em 99,9978% de eficiência total de remoção contra a previsão de 99,9985%, resultados bastante próximos, indicando que a remoção de coliformes fecais no sistema esteve dentro dos valores previstos.

A vazão média (Q) de entrada da ETE foi estimada em 27L/s levando-se em consideração a população contribuinte (15.000 hab). A concentração média da DBO de entrada foi de 456mg/L, resultando numa taxa de aplicação volumétrica (L_v) na lagoa anaeróbia foi estimada em 0,065Kg/m³.d. Levando em consideração a vazão estimada, e a eficiência média de remoção na lagoa anaeróbia de 67%, as taxas de aplicação superficial (L_s) na lagoa facultativa chicaneada foram estimadas: na 1ª célula, de 43 kgDBO₅/ha.d, na 2ª célula, de 337 kgDBO₅/ha.d, 3ª célula, de 544 kgDBO₅/ha.d e na 4ª célula, de 217 kgDBO₅/ha.d.

O número de dispersão (d) calculado segundo o modelo proposto por Yanez (1993), a lagoa facultativa com chicanas apresentou o valor $d=0,11$, assim como o calculado pelo modelo proposto por Agunwamba et al apud von Sperling (1996) apresentou o valor $d=0,18$ e ambos calculados com a relação de $L/B > 8$ (216,35m/25,15m). Por outro lado, a lagoa facultativa sem chicanas, o número de dispersão calculado segundo o modelo proposto por Yanes (1993), apresentou o valor $d=0,43$ e para o valor pelo modelo proposto por Agunwamba et al apud von Sperling (1996), $d=0,64$, levando-se em consideração nos cálculos a relação $L/B > 2$ (216,35m/100,60m).

Como no presente trabalho não foi realizado teste com traçador, por este motivo não foi possível determinar o valor real do número de dispersão (d).

Em comparação a outras unidades de tratamento da região, a ETE estudada apresentou uma remoção média de 96% da DBO, sendo esta superior aos resultados apresentados por Matsumoto & Schincariol (1998) e Matsumoto et al (2003) obtidos para ETE de Ilha Solteira que foram de 87% e de 85,80%, respectivamente. Esta

comparação demonstra que sistema de lagoas múltiplas com chicanas é mais eficiente na remoção da DBO que as lagoas facultativas primárias.

Comparativamente, quanto à remoção de Sólidos Suspensos, a ETE estudada apresentou a remoção média total de 80% enquanto que a ETE de Ilha Solteira, somente uma remoção de 29%, esta discrepância talvez seja motivada pelo acúmulo de lodo devido a idade de operação da ETE de Ilha Solteira (12 anos contra 2,5 anos).

Quanto ao parâmetro DQO, a ETE estudada demonstrou ser mais eficiente na remoção, obtendo 83% contra 56% da ETE de Ilha Solteira.

Pelos resultados apresentados, a ETE estudada, mostrou-se superior em todos os parâmetros considerados. Entretanto, vale lembrar que as ETEs comparadas possuem diferentes características quanto à sua concepção e arranjo, ou seja, uma delas com lagoas múltiplas com chicanas (lagoa estudada) e a outra, com lagoas facultativas primárias (ETE Ilha Solteira).

Da mesma forma como foi comparada anteriormente, os resultados obtidos na ETE estudada foram confrontados com resultados da outra ETE da cidade de Santa Fé do Sul, que possui mesma configuração de lagoas múltiplas. A análise dos resultados obtidos no monitoramento conduzido por Matsumoto et al. (2003) comparados ao monitoramento do presente estudo apresentou os seguintes resultados:

- Eficiência de remoção da DBO, na ETE estudada, na média foi de 96% e na outra ETE, na média foi de 86%;
- Eficiência na remoção de DQO, na ETE estudada, a média foi de 83% e na outra ETE, de 63%;
- Eficiência de Remoção de Sólidos Suspensos Totais, na ETE estudada na média foi de 80% e na outra ETE, de 44%;
- Eficiência de Redução de Coliformes Totais, na ETE estudada a média foi de 99,84% e na outra ETE, a média foi de 87,46%;
- Eficiência de Redução de Coliformes Fecais, na ETE estudada, a média foi de 99,9978% e na outra ETE, a média de 57,20%.

Como visto, a eficiência de tratamento da ETE estudada tem se mostrado superior a outra ETE de Santa Fé do Sul, demonstrando que a maior diferença

significativa está na remoção de Coliformes Fecais e Sólidos Suspensos Totais. Porém esta diferença pode não ser somente devido à presença de chicanas nas lagoas, mas também ser atribuída a idade de funcionamento da outra ETE que tem mais de 10 anos de operação.

Agora numa comparação com sistema semelhante de múltiplas lagoas, com chicanas na lagoa de maturação, os resultados obtidos pela ETE estudada com a ETE Samambaia (DF) operada pela CAESB, foram os seguintes:

- Redução de DBO, a eficiência da ETE Samambaia apresentou o valor médio de 92% enquanto que a ETE estudada, valor de 96%;
- Redução de DQO, a eficiência da ETE Samambaia apresentou o valor médio de 77% e a ETE estudada, de 83%;
- Remoção de Sólidos Suspensos, na ETE Samambaia a remoção foi de 76% em média e na ETE estudada, de 80%.

Pelo apresentado, na ETE estudada obteve-se valores superiores das eficiências de remoção dos parâmetros comparados com todas as demais ETEs (Ilha Solteira, Santa Fé do Sul e Samambaia), mostrando que o sistema tem potencialidade de tratamento mais eficiente que os demais sistemas de tratamento por lagoas de estabilização. Portanto, recomenda-se que a estação seja monitorada continuamente para estudar a evolução da tratabilidade nesta ETE com chicanas

7 Problemas Operacionais encontrados

Problemas de vegetações terrestres (Figura 7.1) ao redor das lagoas e de vegetação aquáticas (Figura 7.2) nos taludes e nas placas de concreto (divisores de fluxo, chicanas);



Figura 7.1 – Vegetação terrestre ao redor da Lagoa Anaeróbia



Figura 7.2 – Vegetação aquática no talude da Lagoa de Maturação

Problema na Lagoa Facultativa, possivelmente está recebendo uma vazão acima do previsto no projeto em determinado momento, havendo um trasbordando na 1ª célula da Lagoa Facultativa. Conseqüentemente o efluente da lagoa anaeróbia caminha da 1ª para a 2ª célula sem o tempo de detenção necessária para sua depuração, como pode ser observado pela Figura 7.3.



Figura 7.3 – Trasbordamento da 1ª para 2ª célula da Lagoa Facultativa

Excesso de algas nas Lagoas Facultativas e de Maturação (Figuras 7.4, 7.5);



Figura 7.4 – Excesso de algas mortas (Lagoa de Maturação)



Figura 7.5 – Excesso de algas mortas (Lagoa Facultativa)

Problemas estruturais nas placas de concreto (divisores de fluxo), como mostra a Figura 7.6.



Figura 7.6 – Divisores de Fluxo (Lagoa Facultativa)

8 Conclusões e Recomendações

A ETE estudada tem concepção diferenciada por ter divisórias de fluxo formando canais de escoamento em forma de chicanas do tipo vai e vem colocadas no sentido longitudinal, portanto hidrodinamicamente diferente das outras lagoas de estabilização instaladas na região. Assim, o trabalho de comparação entre outras lagoas de estabilização existente foi bastante difícil, considerando que a ETE de Ilha Solteira tem uma concepção de lagoa facultativa primária, a outra ETE de Santa Fé do Sul ser de concepção lagoas múltiplas sem chicanas, e a ETE Samambaia (DF) apesar de ser de lagoas múltiplas, somente a lagoa de maturação foi concebida com chicanas, com agravante de ser de uma outra bacia hidrográfica e localizada no Centro-Oeste. Baseados nestas informações foram tecidas algumas conclusões e recomendações apresentadas a seguir:

Conclusões

- A eficiência da ETE estudada tem se mostrado superior a ETE comparada de Santa Fé do Sul, mostrando que a diferença mais significativa está na remoção de Coliformes Fecais e Sólidos Suspensos Totais. Esta diferença pode não ser somente devido à presença de chicanas nas lagoas, mas também ser atribuída à idade da outra ETE, que está funcionando a mais de 10 anos;
- Pelos resultados obtidos, a ETE estudada mostrou-se também superior nos parâmetros observados na ETE de Ilha Solteira. Deve-se considerar também que a ETE de Ilha Solteira está em operação à mais tempo que a ETE estudada;

- Apesar de algumas oscilações devido a possíveis infiltrações, acrescido ao fato que na lagoa facultativa com chicanas apresentou problemas de transbordamento esporádicos na primeira célula, o sistema com chicanas adotadas para ETE de Santa Fé do Sul, objeto de estudo, apresenta um resultado final de eficiência de DBO melhor que o esperado pelo projeto;
- Os teores de OD nos pontos analisados apresentaram concentrações com valores normais para cada lagoa, com algumas pequenas oscilações durante o período de monitoramento;
- A variação do pH, em cada ponto analisado, também apresentou resultados dentro dos limites recomendados;
- Quanto à remoção de patogênicos, a ETE ficou abaixo do esperado pelo projeto (projeto= 99,9985%; real= 99,9978%), mas respeitando a Resolução CONAMA nº 20 e superior às demais ETEs comparadas.
- Na ETE estudada obteve-se valores superiores nas eficiências de remoção dos parâmetros comparados com as demais ETEs (Ilha Solteira, Santa Fé do Sul e de Samambaia), mostrando que o sistema tem potencialidade de tratamento mais eficiente que os demais sistemas de tratamento por lagoas de estabilização.

Recomendações

- Para que a ETE de Santa Fé do Sul, objeto deste estudo, tenha seu funcionamento e operação otimizada; recomenda-se:

- Um controle de entrada de água pluvial no sistema, pois a estação em períodos de chuva apresenta um aumento de vazão que afeta o tratamento num todo;
- Uma melhor manutenção nas lagoas facultativa e de maturação quanto à remoção de algas mortas como recomenda a CETESB no Manual de Operação e Manutenção e Lagoas Anaeróbias e Facultativas;
- Uma manutenção periódica dos divisores de fluxo (chicanas) pois alguns apresentam problemas de ordem estrutural;
- Uma campanha de análises esporádicas de nitrogênio total e fósforo total, afim de verificar a redução das mesmas na ETE estudada;
- Uma limpeza periódica da vegetação terrestre e aquática ao redor das lagoas;
- Um monitoramento contínuo para acompanhar a evolução da tratabilidade da lagoa estudada;
- Um estudo com traçadores nas lagoas para a determinação do coeficiente de dispersão.

9 Referências Bibliográficas

APHA, AWWA & WPCF. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 18th ed. Public Heart Association Inc. New York,1998.

BRANCO, S. M. Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária . Ed. 3º São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1986.Pp 640.

CAESB (Companhia de Saneamento do Distrito Federal), Sinópse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal, SIESG DIGITAL. Versão 1.0, 1999.

CASAN (Companhia

CURTIS, T.P.; MARA D. D. e SILVA, S. A., The Effect of Sunlight on Faecal Coliforms in Ponds: Implications For Research and Design – Water Science. Technology. Volume 26, nº 7-8, 1992. Pp 1729-1738.

DAEE (Departamento de Agua e Esgoto Energia) de São Paulo. WWW.daee-sp gov.br

KELLNER, E. & PIRES, E. C. Lagoas de Estabilização- Projeto e Operação. Rio de Janeiro: ABES, 1998. Pp 13-17, 28-36, 48-59.

MATSUMOTO, T., SCHINCARIOL, L. C. S. Lagoa de Estabilização tipo Facultativa Através do Perfil e Distribuição da DBO, In. 8º Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES-APRH , II-027,1998. Pp. 232-239.

MATSUMOTO, T., ROSSI, C. H., ALENCAR, R. M.,MARQUES, M. L.,SANTANA, S.L., Importância do Monitoramento na Avaliação do Desempenho da Estação de Tratamento de Esgoto de Ilha Solteira. In. 11º Simpósio da Sociedade Brasileira de Pesquisadores Nikkeis, 2003.Pp 146-148.

MATSUMOTO, T., ROSSI, C. H., ALENCAR, R. M., MARQUES, M. L., SANTANA, S.L.,
Caracterização esgoto doméstico da ETE de Santa Fé do Sul cedida em particular.2003

OLIVEIRA, R.; SILVA, S. A ; MARA, D.D. Remoção de Coliformes Fecais. In. 16º
Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia, 1991. Anais. Rio de
Janeiro, ABES, Pg 342-355.

REYNOLDS, J.H.,NIELSON, S.B.,MIDDLEBROOKS, E.J., Boimass Distribution and
Kinetics of Baffled Lagoons- Journal of the Enviromental Engineering Divison- ,ASCE,
101, EEC,1975. Pp 1005-1024.

SILVA, S. A., de OLIVEIRA, R., MARA, D. D.. Tratamentos Biológicos de Águas
Residuárias- Lagoas de Estabilização. Rio de Janeiro, RJ. ABES, 1979. Pp 73-78

SILVA, S. A., de OLIVEIRA R., DINIZ, M. J. L., ATHAYDE JUNIOR, G. B., Estudo da
Influência de Chicanas no Desempenho Operacional de Lagoas Facultativas Primárias
Profundas Tratando Esgotos Domésticos. IX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia
Sanitária e Ambiental, SILUBESA, III-052, 2000. Pp. 933-940.

UEHARA, M.Y., VIDAL, W.L.. Operação e Manutenção de lagoas anaeróbias e
facultativas. São Paulo, CETESB. (Série Manuais), 1989.

Von SPERLING, M. Lagoas de Estabilização. Principios do tratamento Biológico de
Águas Residuárias,v.3. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e
Ambiental de Minas Gerais, 1996. Pp 51-60, 87-104.

Von SPERLING,M..Proposição de Modelos para a Estimativa da Remoção de
Coliformes em Lagoas de Estabilização, com Base em Dados de 33 Lagoas
Brasileiras.Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 5 nº 3 julho-setembro 2000 e nº 4
out-dez 2000.

YANEZ, F. C. , Lagunas de Estabilizacion. Teoria, diseño y mantenimiento. ETAPA, Cuenca, Ecuador, 1993. Pp 9-23